

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Zvonimir Strapajević

Zagreb, 2019. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Zvonimir Strapajević

Zagreb, 2019. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prof. dr. sc. Igoru Balenu na izuzetno ugodnoj suradnji i mnogo korisnih savjeta koji su mi približili tematiku projektiranja sustava grijanja, hlađenja i ventilacije. Zahvaljujem se svojim roditeljima, Bogdani i Damiru, te sestri Valentini na neizmjernoj podršci tijekom studiranja. Na kraju, zahvaljujem se svojoj djevojci Niki bez čije potpore ja vjerojatno ne bih napisao ovaj rad.

Zvonimir Strapajević



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Zvonimir Strapajević** Mat. br.: 0082047368

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projekt grijanja i hlađenja stambeno poslovne zgrade**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of heating and cooling system for residential and commercial building**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je izraditi projekt sustava grijanja i hlađenja stambeno poslovne zgrade sa sedamnaest stanova i jednim poslovnim prostorom na pet etaža (Pr+1K+2K+3K+4K) ukupne površine 1500 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Kao izvor toplinske i rashladne energije predvidjeti dizalicu topline zrak-voda. Predvidjeti individualno mjerenje potrošnje energije za grijanje i hlađenje na ulazu u svaku vlasničku cjelinu. Predvidjeti mehaničku ventilaciju svih prostora prema ventilacijskom zahtjevu.

Za zgradu predvidjeti sustav podnog grijanja i hlađenja s temperaturnim režimom tople vode 36/30 °C, odnosno hladne vode 14/19 °C. Predvidjeti akumulacijski sustav pripreme potrošne tople vode sa solarnim kolektorima i osmisliti sustav mjerenja potrošnje tople vode po vlasničkim cjelinama. Zgrada se nalazi na području grada Zagreba.

Na raspolaganju su energetske izvor:

- elektro priključak 230/400V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- pregled sustava grijanja i hlađenja stambeno poslovnih zgrada s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje prema normi HRN EN 12831,
- toplinsku bilancu za ljetno razdoblje prema smjernici VDI 2078,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja sustava,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datum obrane:
15. studenog 2018.	17. siječnja 2019.	23., 24. i 25. siječnja 2019.

Zadatak zadao:	Predsjednica Povjerenstva:
----------------	----------------------------

Prof. dr. sc. Igor Balen

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK	X
SUMMARY	XI
1. UVOD	1
1.1. Dizalice topline	1
1.1.1. Dizalica topline zrak-voda	3
1.2. Solarni kolektori	4
1.3. Podno grijanje i hlađenje	6
1.3.1. Sustavi postavljanja [4]	8
2. OPIS ZGRADE	11
3. TOPLINSKI DOBICI I GUBICI ZGRADE	15
3.1. Proračun projektnih toplinskih gubitaka zgrade prema HRN EN 12831	15
3.2. Norma HRN EN 12831	16
3.2.1. Projektni toplinski gubici prostorije	16
3.2.2. Transmisijski gubici	16
3.2.3. Ventilacijski toplinski gubici	20
3.2.4. Prostori s prekidom grijanja	21
3.2.5. Rezultati proračuna prema HRN EN 12831	23
3.3. Smjernica VDI 2078	26
3.3.1. Unutrašnji izvori topline	26
3.3.2. Vanjski dobici topline	30
3.3.3. Toplinsko opterećenje hladene prostorije	30
3.3.4. IntegraCAD rezultati proračuna prema smjernici VDI 2078	31
4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR PODNOG GRIJANJA I HLAĐENJA	33
4.1. Odabir opreme	33
4.2. Proračun podnog grijanja/hlađenja prema HRN EN 1264	38
5. ODABIR DIZALICE TOPLINE	40
6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SPREMNIKA PTV-a	42
6.1. Dimenzioniranje spremnika PTV	43
6.1.1. Akumulacijski sustavi	44
6.1.2. Zapremina spremnika	44
6.2. Odabir spremnika PTV	45
7. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SOLARNOG SUSTAVA	47
7.1. Hidraulički proračun solarnog cjevovoda i odabir punpe	49
7.2. Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga	50

8. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA I ODABIR PUMPE	52
8.1. Dimenzioniranje pumpe za stambeni prostor	52
8.2. Dimenzioniranje pumpe za poslovni prostor	54
9. DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKOG SUSTAVA.....	56
10. DIMENZIONIRANJE I ODABIR VENTILACIJSKOG SUSTAVA.....	58
11. TEHNIČKI OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I REGULACIJE.....	62
11.1. Grijanje i hlađenje.....	62
11.2. Priprema PTV-a	64
11.3. Ventilacija.....	65
11.4. Mjerenje potrošnje energije i vode	66
12. ZAKLJUČAK	68
LITERATURA	69
PRILOZI	70

POPIS SLIKA

Slika 1.	Shema rada dizalice topline [14].....	2
Slika 2.	Prikaz izvora topline – zrak, tlo ili voda	2
Slika 3.	Dizalica topline zrak-voda [15].....	4
Slika 4.	Pločasti kolektor [2]	5
Slika 5.	Vakuumski kolektori [3]	5
Slika 6.	Raspored temperature [4].....	7
Slika 7.	Sustav postavljanja na mokro [4].....	8
Slika 8.	Podno grijanje s rešetkastom konstrukcijom [4].....	9
Slika 9.	Podno grijanje s TACKER sustavom [4].....	9
Slika 10.	Podno grijanje s čepovima [4]	9
Slika 11.	Sustav polaganja na suho [4]	10
Slika 12.	Tlocrt prizemlja s poslovnim prostorom.....	11
Slika 13.	Tlocrt 1. kata sa stanovima	12
Slika 14.	Pročelje sjever.....	13
Slika 15.	Pročelje jug	13
Slika 16.	Pročelje zapad	14
Slika 17.	Vanjska projektna temperatura za Zagreb – Maksimir [6]	17
Slika 18.	Srednja godišnja vanjska temperatura [6].....	19
Slika 19.	Način određivanja volumnog protoka zraka Vi [5]	20
Slika 20.	Obrazac za određivanje korekcijskog faktora f_{RH}	22
Slika 21.	Obrazac za unos dobitaka od rasvjete.....	28
Slika 22.	Podni sustav s čepovima – REHAU [8].....	33
Slika 23.	RAUTERM S cijev [8]	34
Slika 24.	Gornja strana REHAU ploče s čepovima Varionova [8].....	34
Slika 25.	Most s čepovima [8].....	35
Slika 26.	Element za držanje ploče [8].....	35
Slika 27.	Priključna traka [8].....	35
Slika 28.	REHAU razdjelnik krugova grijanja HKV-D [8]	36
Slika 29.	Dimenzije razdjelnika s obzirom na broj krugova grijanja/hlađenja	36
Slika 30.	Razvodni ormar [8]	37
Slika 31.	Veličine ormara i dimenzije za ugradbeni ormar (predviđeno za zidnu ugradnju / podžbuknu montažu) [8]	37
Slika 32.	Vanjske dimenzije odabrane dizalice topline.....	40
Slika 33.	Potrošnja tople vode u stanovima i hotelima u zavisnosti od broja kada za kupanje	42
Slika 34.	Potrebna količina tople vode u stanovima	43
Slika 35.	Prikaz spajanja bivalentnog spremnika PTV-a s izvorima topline [16].....	45
Slika 36.	Prikaz komponenata i način spajanja na spremnik PTV-a.....	47
Slika 37.	Prikaz udjela solarnih kolektora u ukupnoj potrošnji energije	48
Slika 38.	Maksimalna dnevna temperatura kolektora	48
Slika 39.	Preostala visina dizanja pume solarne cijevne grupe u ovisnosti o protoku []	50
Slika 40.	Tablica za odabir zapremine ekspanzijske posude ovisno o ukupnoj duljini cijevovala i broju kolektora []	50
Slika 41.	ekspanzijska posuda - FLEXCON TOP 140	51
Slika 42.	Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stambenog prostora Grundfos, tip MAGNA3 25-60	53
Slika 43.	Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe poslovnog prostora Grundfos, tip MAGNA3 25-40	55

Slika 44.	Ekspanzijska posuda IMERA RV200.....	57
Slika 45.	Vaillant recoVAIR VAR 60 [19].....	58
Slika 46.	Tehnički podaci – recoVAIR 60/1D [19]	59
Slika 47.	Odsisni ventilator LUNOS, tip Silvento 3AP [20]	60
Slika 48.	VENTS DVUT PB EC.....	60

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz najvećih dopuštenih temperatura poda za površinsko grijanje prema HRN EN 1264	8
Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline predmetne zgrade	15
Tablica 3. Unutarnja projektna temperatura grijanih prostorija - osjetna temperatura	17
Tablica 4. Toplinski proračun gubitaka topline za POSL. PROSTOR	23
Tablica 5. Toplinski proračun gubitaka topline za BLAGOVAONU	24
Tablica 6. Toplinski gubici za cijelu zgradu	25
Tablica 7. Toplinski tok koji odaju ljudi [7]	27
Tablica 8. VDI 3804 – toplina koju odaju različiti strojevi	29
Tablica 9. Projektno toplinsko opterećenje zgrade Φ_{KG} [W]	31
Tablica 10. Rezultati proračuna podnog grijanja/hlađenja po prostorijama	38
Tablica 11. Specifikacije odabrane dizalice topline	41
Tablica 12. Tehničke karakteristike spremnika Duo	46
Tablica 13. Hidraulički proračun solarnog kruga	49
Tablica 14. Proračun pada tlaka - kritična dionica stambenog prostora	52
Tablica 15. Proračun pada tlaka - kritična dionica poslovnog prostora	54
Tablica 16. Ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude	57
Tablica 17. Prikaz ventiliranih prostorija po etažama	61

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1-2019	Tlocrt podruma – strojarnica
2-2019	Tlocrt prizemlja – podno grijanja/hlađenje
3-2019	Tlocrt 1. kata – podno grijanja/hlađenje
4-2019	Tlocrt 2. kata – podno grijanja/hlađenje
5-2019	Tlocrt 3. kata – podno grijanja/hlađenje
6-2019	Tlocrt 4. kata – podno grijanja/hlađenje
6-2019	Tlocrt krovnih ploha – solarni kolektori
7-2019	Funkcionalna shema spajanja i regulacije
8-2019	Tlocrt prizemlja – ventilacija
9-2019	Tlocrt 1. kata – ventilacija
10-2019	Tlocrt 2. kata – ventilacija
11-2019	Tlocrt 3. kata – ventilacija
12-2019	Tlocrt 4. kata – ventilacija

POPIS OZNAKA

A_i	m^2	površina grijane prostorije
A_k	m^2	površina plohe kroz koju prolazi toplina
A_{pod}	m^2	površina petlje podnog grijanja/hlađenja
b_u	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektanu temperaturu
c_w	$kJ/(kg\ K)$	specifični toplinski kapacitet vode
f_{g1}	—	korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature
f_{g2}	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske temperature i projektne vanjske temperature
f_{ij}	—	faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i projektne vanjske temperature
f_{RH}	W/m^2	korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida grijanja
G_W	—	korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode
$H_{T,ie}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu
$H_{T,ig}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora tlu
$H_{T,ij}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu
$H_{V,i}$	W/K	koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
L_p	m	ukupna duljina cijevi u petlji podnog grijanja/hlađenja
L_s	m	duljina spojnih cijevi
l_j	m	duljina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije
N	—	pretpostavljeni broj osoba u prostoriji
n	—	postotak širenja vode prilikom zagrijavanja
n_{min}	h^{-1}	minimalni higijenski broj izmjena zraka
P	W	električna snaga za pogon kompresora
p_0	bar	primarni tlak ekspanzijske posude
p_e	bar	projektni krajnji tlak povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila
Q_W	kWh/dan	dnevna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a
T	m	razmak između cijevi
t_{hw}	$kJ/(kg\ K)$	temperatura hladne vode

t_s	$\text{kJ}/(\text{kg K})$	temperatura tople vode u spremniku
t_{tw}	$\text{kJ}/(\text{kg K})$	temperatura tople vode
$U_{equiv,k}$	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	ekvivalentni koeficijent prolaza topline poda "k" iz tablica i dijagrama ovisno tipologiji poda [$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$]
U_k	$\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	koeficijent prolaza topline građevnog elementa
V_e	l	volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature
V_i	m^3/h	volumni protok zraka
$V_{n,min}$	l	minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude
$V_{p,i}$	m^3	volumen zraka u prostoriji
V_{PTV}	l/dan	pretpostavljena dnevna potrošnja tople vode temperature
V_V	l	dodatni volumen
V_A	l	volumen vode u sustavu
$\dot{V}_{o,p}$	m^3/h	volumni protok vanjskog zraka po osobi
\dot{V}_o	m^3/h	volumni protok vanjskog zraka
Φ_A	W	vanjski toplinski dobici prostorije
Φ_B	W	toplinski dobici od rasvjete
Φ_C	W	toplinski dobici od susjednih prostorija
Φ_{FL}	W	ventilacijski toplinski dobici
Φ_G	W	toplinski dobici od prolaznog materijala kroz prostoriju
$\Phi_{HL,i,kor}$	W	korigirana vrijednost projektnih toplinskih gubitaka
$\Phi_{HL,i}$	W	projektni toplinski gubici za pojedinačnu prostoriju
Φ_{HL}	W	ukupni projektni toplinski gubici za cijelu zgradu
Φ_i	W	projektni toplinski gubici topline prostorije
Φ_I	W	unutarnji toplinski dobici prostorije
$\Phi_{inst,gr,p}$	W	instalirani učin petlji u režimu grijanja
$\Phi_{inst,gr}$	W	ukupni instalirani ogrjevnii učin podnog grijanja
$\Phi_{inst,hl,p}$	W	instalirani učin petlji u režimu hlađenja
$\Phi_{inst,hl}$	W	ukupni instalirani rashladni učin podnog hlađenja
Φ_{isp}	W	toplinski tok isparavanja
Φ_{KG}	W	projektno toplinsko opterećenje zgrade
Φ_{kond}	W	toplinski tok kondenzacije
$\Phi_{KR,nom,kor}$	W	korigirana vrijednost projektnog toplinskog opterećenja prostorije
$\Phi_{KR,nom}$	W	projektno toplinsko opterećenje prostorije
Φ_{KR}	W	projektno toplinsko opterećenje prostorije u pojedinom trenutku
Φ_P	W	toplinski dobici od osoba
Φ_R	W	toplinski dobici od ostalih izvora
$\Phi_{RH,i}$	W	dodatni potrebni kapacitet uslijed intermitentnog načina rada
Φ_S	W	solarni dobici kroz n od strojeva i uređaja
$\Phi_{T,i}$	W	projektni transmisijski gubici topline prostorije

Φ_T	W	toplinski dobici preko prozirnih nemasivnih ploha
$\Phi_{V,i}$	W	projektni ventilacijski gubici topline prostorije
Φ_W	W	toplinski dobici preko neprozirnih masivnih ploha
ϑ_u	°C	projektna temperatura negrijanog prostora
ρ_w	kg/m ³	gustoća vode
ψ_j	W/(m K)	linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta
ϑ_{ads}	°C	temperatura susjednog prostora
ϑ_e	°C	vanjska projektna temperatura
$\vartheta_{int,i}$	°C	unutarnja projektna temperatura prostora
$\vartheta_{m,e}$	°C	srednja godišnja vanjska temperatura

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu dano je tehničko rješenje sustava grijanja, hlađenja, pripreme potrošne tople vode i ventilacije za stambeno-poslovnu zgradu. Smještena na području grada Zagreba, ukupne korisne površine 1200 m^2 , predmetna zgrada se sastoji od sedam etaža, dvije podzemne etaže gdje se nalazi garaža i strojarnica, prizemlje na kojem se nalazi poslovni prostor i četiri etaže koje su namijenjene za stambene prostore. Proračun projektnih toplinskih gubitaka napravljen je prema normi HRN EN 12831 dok su projektni toplinski dobici proračunati prema smjernici VDI 2078. Projektiran je sustav toplovodnog centralnog grijanja odnosno vodenog hlađenja zgrade. Kao ogrjevnica/rashladna tijela u prostorijama su postavljene petlje podnog grijanja/hlađenja. Za proračun projektnih toplinskih gubitaka i projektnog toplinskog opterećenja te dimenzioniranje podnog grijanja korišten je računalni paket IntegraCAD kojim se dimenzioniranje petlji podnog grijanja vrši sukladno normi HRN EN 1264-1. Ukupni instalirani ogrjevnici učin podnog grijanja iznosi 46 kW za temperaturni režim $36/30^\circ\text{C}$ dok je instalirani rashladni učin 31 kW za temperaturni režim $14/19^\circ\text{C}$. Kao izvor ogrjevnog/rashladnog učina koristi se dizalica topline zrak-voda. Nazivni ogrjevnici učin dizalice topline pri vanjskoj projektnoj temperaturi je 48 kW . Dizalica topline se koristi u režimu grijanja te u režimu aktivnog hlađenja. Sustav pripreme potrošne tople vode je predviđen u izvedbi centralnog akumulacijskog sustava sa solarnim pločastim kolektorima ukupne površine apsorbera 28 m^2 , uz dogrijavanje putem dizalice topline. Solarni kolektori su smješteni na krovu zgrade i orijentirani prema jugu te su dimenzionirani prema normi HRN EN 15316-4-3 na osnovu odabranog bivalentnog spremnika volumena 1500 l . Kvaliteta zraka u poslovnom i stambenom prostoru održava se sustavom lokalne mehaničke ventilacije s povratom toplinske energije iz istrošenog zraka (ostvaren putem regenerativnog principa) preko lokalnih ventilacijskih uređaja, s nazivnom dobavom po jednom uređaju od $45 \text{ m}^3/\text{h}$ za stambene prostore i $300 \text{ m}^3/\text{h}$ po jednom uređaju za poslovne prostore. Stupanj povrata toplinske energije za predviđene uređaje iznosi $79 - 90\%$. Potrebni protoci zraka su određeni na temelju preporučenih vrijednosti protoka zraka po osobi te za zgradu iznose $2240 \text{ m}^3/\text{h}$. Za kupaoone i WC predviđen je sustav odsisne ventilacije sa zidnim odsisnim ventilatorima nazivnog protoka od $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Uz rad je priložena tehnička dokumentacija koja se sastoji od crteža koji definiraju raspored i montažu te funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava.

Ključne riječi: grijanje, hlađenje, dizalica topline, ventilacija, solarni kolektori

SUMMARY

This graduate thesis provides a technical solution for heating, cooling, preparation of domestic hot water and ventilation for the residential and commercial building. Located in the city of Zagreb, with a useful area of 1200 m², the building consists of seven floors, two underground floors where there is a garage and a machine room, a ground floor for business premises and four floors intended for residential areas. Calculation of project heat losses is made according to HRN EN 12831, while project heat gains are calculated according to VDI 2078 directive. The system is designed for district heating or water cooling. As heating / cooling bodies in the premises, the underfloor heating / cooling loop is set. For the calculation of project heat losses and project heat loads and dimensioning of underfloor heating, a computer package IntegraCAD was used that dimensionalize the underfloor heating loop according to HRN EN 1264-1. The total installed heating performance of underfloor heating is 46 kW for the temperature regime 36/30 ° C while the installed cooling effect 30 kW for the temperature regime 14/19 ° C. An air-water heat sink is used as a source of heating / cooling. The nominal heat output of the heat pump at the outside design temperature is 48 kW. The heat crane is used in heating mode and in active cooling mode. The DHW system is designed to perform a central accumulation system with solar panel collectors of the total surface area of the absorber of 28 m², with heating by a heat paver. Solar collectors are located on the roof of the building and are oriented towards the south and are dimensioned according to HRN EN 15316-4-3 based on a selected bivalent tank volume of 1500 l. The quality of air in the business and residential areas is maintained by a local mechanical ventilation system with the return of heat energy from the exhausted air (realized through the regenerative principle) through local ventilation units, with a single supply of 45 m³/h for residential areas and 300 m³/h per unit for business premises. The rate of return of heat energy to the predicted devices is 79 - 90%. The required air flows are determined based on the recommended values of air flow per person and for the building are 2240 m³/h. For bathrooms and toilets there is a ventilation system with wall-mounted fans with nominal flow of 60 m³/h. Along with the graduate thesis, a technical documentation is provided, which consists of drawings that define the layout and installation and the functional scheme of the connection and regulation of the system.

Key words: heating, cooling, heat pump, ventilation, solar collectors

1. UVOD

Preko 60 % ukupne energije u zgradarstvu troše sustavi za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC) [10]. Visoka potrošnja energije tradicionalnih HVAC sustava polazi od težnje za postizanjem i održavanjem jednolike temperature zraka u prostorima u intervalu od 2°C. Međutim, istraživanja iz 2015. godine pokazala su da je sveukupno zadovoljstvo toplinskom ugodnošću postignuto u samo 11% zgrada [11].

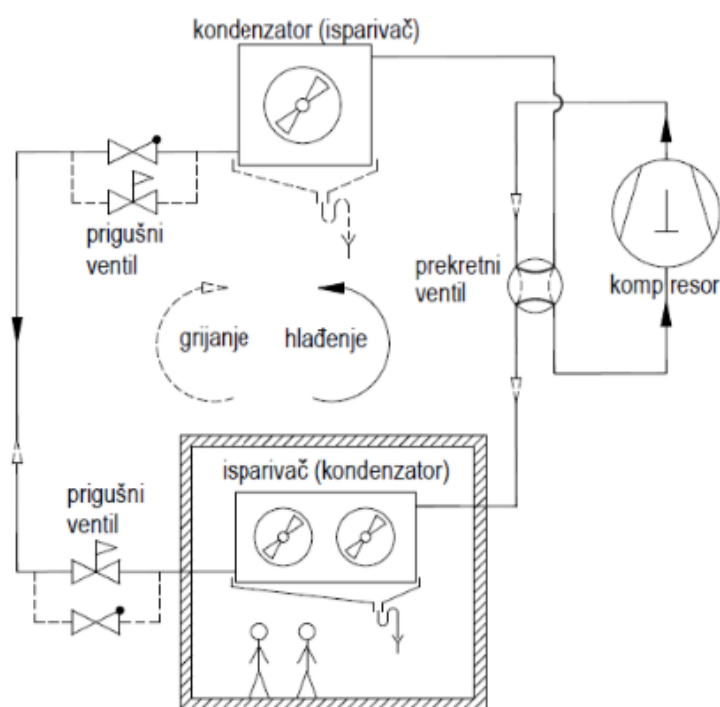
Europske i nacionalne odredbe kao što su EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) i određeni dijelovi nacionalnih građevinskih propisa nastoje smanjiti potrošnju energije u zgradama kako bi se postigli ciljevi koji uključuju smanjenje emisija i potrošnje energenata do 2020. godine [12]. Predviđanje i procjena potrošnje energije u kućanstvu bitne su stavke u postizanju spomenutih ciljeva. Zgrade su složeni sustavi sami po sebi. Nove, a i obnovljene zgrade, opremljene su sa suvremenim sustavima grijanja, ventilacije i klimatizacije i imaju visoke izvedbene zahtjeve koji su u uskoj vezi s ciljevima održivosti. Povećanjem pouzdanosti instaliranih sustava te mjerenjem relevantnih veličina može se napraviti važan doprinos smanjenju potrošnje energije u zgradarstvu. Ušteda energije jedan je od glavnih smjerova istraživanja u sektoru zgradarstva. Ušteda energije znači smanjenje ovisnosti o uvozu i istovremenu zaštitu okoliša.

1.1. Dizalice topline

U doba velike naftne krize 70-tih godina, kada su mnogi proizvođači tražili rješenja za zamjenu fosilnih goriva drugim izvorima energije započeo je povećani razvoj obnovljivih izvora energije kojima pripadaju dizalice topline. Visoke cijene energenata i povećanje ekološke svijesti potrošača energije, dizalice topline postajale su sve zanimljivije i počele su se razvijati velikom brzinom. Princip rada temelji se na ljevokretnom Rankine-ovom ciklusu između dvaju toplinskih spremnika. Iako u pojedinim izvedbama radna tvar s toplinskim spremnicima ne izmjenjuje toplinu direktno, možemo reći da je unutarnji toplinski spremnik zrak unutar zgrade i/ili potrošna topla voda, dok vanjski toplinski spremnik može biti zrak, tlo, voda ili otpadna toplota nekog drugog procesa. Kod dizalice topline sa zrakom vanjskog okoliša kao toplinskim spremnikom ostvaren je određen tehnički napredak gdje novi uređaji imaju veće učinkovitosti, nekada su omjeri uložene električne energije i dobivene toplinske energije bili 1:2, dok su danas ti omjeri 1:3, kod određenih izvedbi (npr. dizalice s vodom kao toplinskim spremnikom) čak su

i viši. Dizalice topline nove generacije smanjile su granicu pogona do najnižih vanjskih temperatura zraka, čak i do -20°C .

Po definiciji, dizalice topline su uređaji koji prenose toplinu sa niže temperaturne razine na višu temperaturnu razinu s ciljem korisne primjene toplinske energije, odnosno podižu temperaturu medija kojeg griju, a pritom koriste izvana dovedeni rad (izvedba s kompresorom) ili izvana dovedenu toplinsku energiju (apsorpcijski uređaji). Budući da dizalica topline može raditi i kao ogrjevni i kao rashladni uređaj, gledano iz perspektive korisnika, uloge toplinskih spremnika se mijenjaju.



Slika 1. Shema rada dizalice topline [14]

Tako u hladnijim mjesecima koristimo vanjski toplinski spremnik kao ogrjevni toplinski spremnik, a unutarnji kao rashladni, dok je u toplijim mjesecima situacija obrnuta.



Slika 2. Prikaz izvora topline – zrak, tlo ili voda

U ovome radu koristiti će se dizalica topline s okolišnjim zrakom kao izvorom topline.

1.1.1. Dizalica topline zrak-voda

Dizalica topline zrak – voda koristi energiju u vanjskom zraku i prenosi je sustavu grijanja ili potrošnoj toploj vodi (dalje u tekstu PTV).

Postoje dvije izvedbe dizalice topline:

- split sistem
- monoblok sistem

Split sustav sastoji se od unutarnje i vanjske jedinice koji je često korišten u manjim objektima poput obiteljskih kuća, no može se izvesti i u većim zgradama na način da se u strojarnici smjesti isparivačko – kompresorski set, a izmjenjivač topline u vanjski okoliš. Spajanje se može izvesti ili kao suhi hladnjak (vodeno hlađenje) ili se spoji direktno s freonskim razvodom na vanjski izmjenjivač. Monoblok izvedba predstavlja uređaje koji sve elemente ima smještene u jednom kućištu postavljenom u vanjskom okolišu. U ovom diplomskom radu koristi se monoblok dizalica topline. U nastavku dano je pojednostavljeno objašnjenje rada dizalice topline split sistema koji je primjenjiv i na monoblok sistem.

Postupak zagrijavanja započinje u vanjskoj jedinici dizalice topline koja se nalazi izvan tretirane zgrade. Korištenjem toplinske energije iz vanjskog okoliša koji se smatra obnovljivim energetske izvorom na način da se dobije toplina za isparavanje radne tvari. Ispareni medij potrebno je s kompresorom komprimirati na viši tlak kako bi mogao kondenzirati. Nakon toga u kondenzatoru nastaje kondenzat oslobađanjem topline, grijanjem. Radna tvar sadržana u zatvorenom sustavu dizalice topline ovdje ima ključnu ulogu. Svi strojevi koji prenose toplinu iz hladnog u toplo područje, kao što su hladnjaci, sadrže radnu tvar. Radna tvar je izložena različitim tlakovima i temperaturama u zatvorenom sustavu. Kada se radna tvar podvrgava pritisku koji stvara kompresor dizalice topline, temperatura se znatno povećava i pomoću kondenzatora dizalice topline može se koristiti medij (npr. voda) koji služi za daljnje zagrijavanje vode. Uređaj zahtijeva napajanje električnom energijom, npr. za napajanje kompresora i ventilatora, postoje i izvedbe koje za potrebe kompresije koriste plinski motor (plinske dizalice topline). Voda koja se zagrijava transportira se do unutarnjih izmjenjivača unutar zgrade, a koristi se u tuševima, slavinama, radijatorima i / ili podnim grijanjima kao što je u slučaju ovog diplomskog rada. Povratni medij iz unutarnjih izmjenjivača ima visok tlak i potrebno je oboriti tlak pomoću prigušnih ventila kako bi medij mogao ispariti na sniženom tlaku. [1]



Slika 3. Dizalica topline zrak-voda [15]

1.2. Solarni kolektori

S ciljem iskorištavanja dozračene energije od Sunca danas se sve više koriste solarni sustavi za zagrijavanje potrošne tople vode koji se koriste u ovom diplomskom radu. Osnovni dijelovi tih sustava su kolektori, spremnik tople vode, izmjenjivač topline, solarna stanica s pumpom i regulacijom te razvod s odgovarajućim radnim medijem. Sustavi mogu biti izvedeni s prirodnom ili prisilnom cirkulacijom. Kod prirodne cirkulacije strujanje se uspostavlja uslijed razlike gustoća vode u spremniku i kolektoru te nije potrebna pumpa niti regulacija. Kod sustava s prisilnom cirkulacijom, koji se najčešće koriste, pumpa osigurava cirkulaciju medija kroz sustav. Regulacija upravlja radom pumpe te je za uključenje potrebna određena razlika temperature između spremnika i kolektora. U ovome radu solarni kolektori će biti postavljeni na krov stambene zgrade u sklopu akumulacijskog sustava za pripremu potrošne tople vode uz podršku dizalice topline kao dodatnog izvora topline.

Osnovna podjela solarnih kolektora je:

- Pločasti kolektori
- Vakuumske kolektori

Ravni pločasti kolektori najraširenija su vrsta solarnih kolektora u upotrebi u svijetu. Oni su standard s kojim se uspoređuju sve ostale vrste kolektora s obzirom na njihovu trajnost i efikasnost. Univerzalno su primjenjivi u svim klimatskim područjima. Za ovu vrstu kolektora potrebna je montažna konstrukcija na koju se kolektori montiraju na kosi ili ravni krov. Odlika visoke učinkovitosti ove vrste kolektora je u visokoselektivnom premazu bakrenog apsorbera koji je dobro izoliran i zaštićen eloksiranim aluminijskim okvirom i prekriven kaljenim staklom. [2]



Slika 4. Pločasti kolektor [2]

Vakuumske solarni kolektori odlikuju se odličnom izolacijom zahvaljujući vakuumu u staklenim cijevima postižući tako visoke temperature u apsorberu s minimalnim gubitcima topline (nema konvektivnih gubitaka). [3]



Slika 5. Vakuumske kolektori [3]

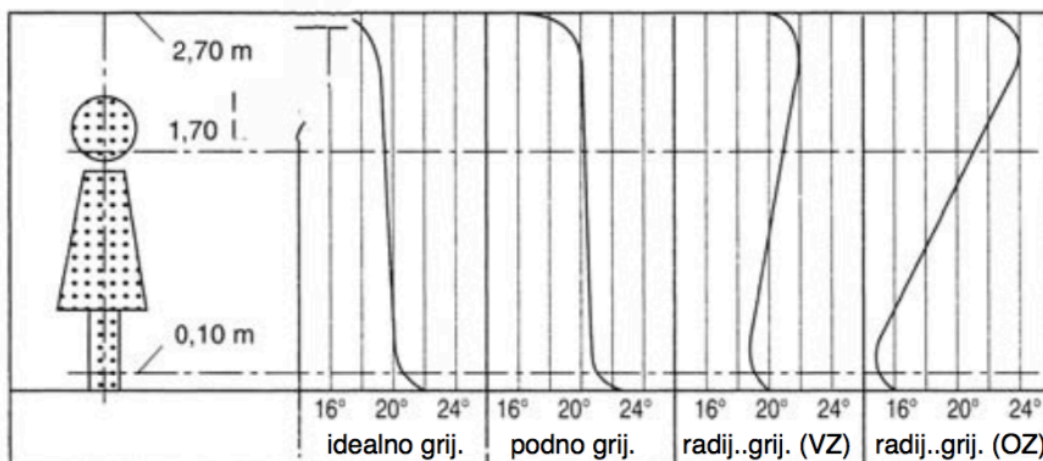
1.3. Podno grijanje i hlađenje

Podno grijanje radi u području niske temperature, u kombinaciji s dizalicama topline učinkovitiji je od npr. radijatora s istim izvorom topline.

Čovjek aktivno izmjenjuje toplinu sa svojom okolinom. U ljudskom tijelu stvara se topline, a zračenjem i konvekcijom predaje se okolini. U normalnim okolnostima čovjek ima tjelesnu temperaturu 37° C. Predaja topline to je veća, što je veća temperaturna razlika između površine tijela (temperatura kože cca. 32°-33° C) i temperature okoline što je dobrim dijelom posljedica konvekcije. Kad je ometen odnos između izmjenjene topline i proizvedene količine topline, čovjek doživljava osjećaj „topline“ ili „hladnoće“. Osjećaj udobnosti ljudsko tijelo postiže tek kada se vodi računa o fiziološkim okolnostima.

U stambenim prostorima bez podnog grijanja temperatura površine poda iznosi minimalno 16 °C, naravno, ako je zgrada dobro izolirana i ako je ispod grijani prostor temperatura poda može biti i znatno veća. Ukoliko je instalirano podno grijanje, temperatura površine iznosi cca. 26° C. Temperaturna razlika u odnosu na tjelesnu temperaturu iznosi dakle u prvom slučaju 21° C, a kod podnog grijanja, kao u navedenom trećem primjeru samo 11° C. Budući da je površina stopala iznimno osjetljiva na temperaturu, upotrebom podnog grijanja, uz pridržavanje dozvoljenih temperatura površine, postići će se ugodan osjećaj topline. Kod podnog i površinskog grijanja, zrak u prostoriji, a i okolne površine prostorije pretežno će se grijati zračenjem, a samo jednim manjim dijelom konvekcijom. To nužno vodi do daleko ravnomjernije profilirane temperature prostorije. [4]

Raspored temperature



VZ ..vanjski zid,
OZ ...ostali zidovi

Slika 6. Raspored temperature [4]

Ako promatramo izmjenu topline zračenjem kod podnog grijanja nastaje daleko manja izmjena energije između čovjeka i površina koje okružuju prostoriju, nego kod grijanja ogrjevnim tijelima. Na taj se način temperatura zraka prostorije može držati za 2-3° C nižom, bez narušavanja osjećaja ugodnosti. Konačno, upotrebom podnog grijanja, zbog nedostatka ogrijevnih tijela u prostoru, nema prepreka slobodnom uređenju prostora.

Odlučujući faktor udobnosti je temperatura površine poda. Gornja i donja granica dozvoljene temperature poda u velikoj mjeri ovisi o vrsti obuće. Obje su granice to veće, što je laganija obuća. U stanovima, bolnicama, domovima itd. u pravilu se nosi laganija obuća. Provedena istraživanja pokazala su, da podovi s površinskom temperaturom do 29° C, po kojima se hoda laganijom obućom, niti kod dužeg boravka ni na koji način ne utječu na udobnost i zdravlje. Naprotiv, takvo rješenje dovodi do osjećaja ugone.

U spavaćim sobama, kupionicama, kupalištima itd., u kojima se hoda bosih nogu, za udobnost nije bitna samo temperatura poda, već i materijal podne obloge. Keramička ili plastična tvrda obloga primjerice ima znatno veći koeficijent prolaza topline od tekstilne obloge ili drvenog poda i tako se pri istoj površinskoj temperaturi doima mnogo hladnije.

Zbog fizioloških i higijenskih saznanja iz tog razloga temperature površine poda ne bi smjele prekoračiti maksimalne vrijednosti navedene u HRN EN 1264-3. [4]

Tablica 1. Prikaz najvećih dopuštenih temperatura poda za površinsko grijanje prema HRN EN 1264

Zona	Temperatura [° C]
Kraći boravak	29
Duži boravak	27
Rubna	35
Kupaonica	33

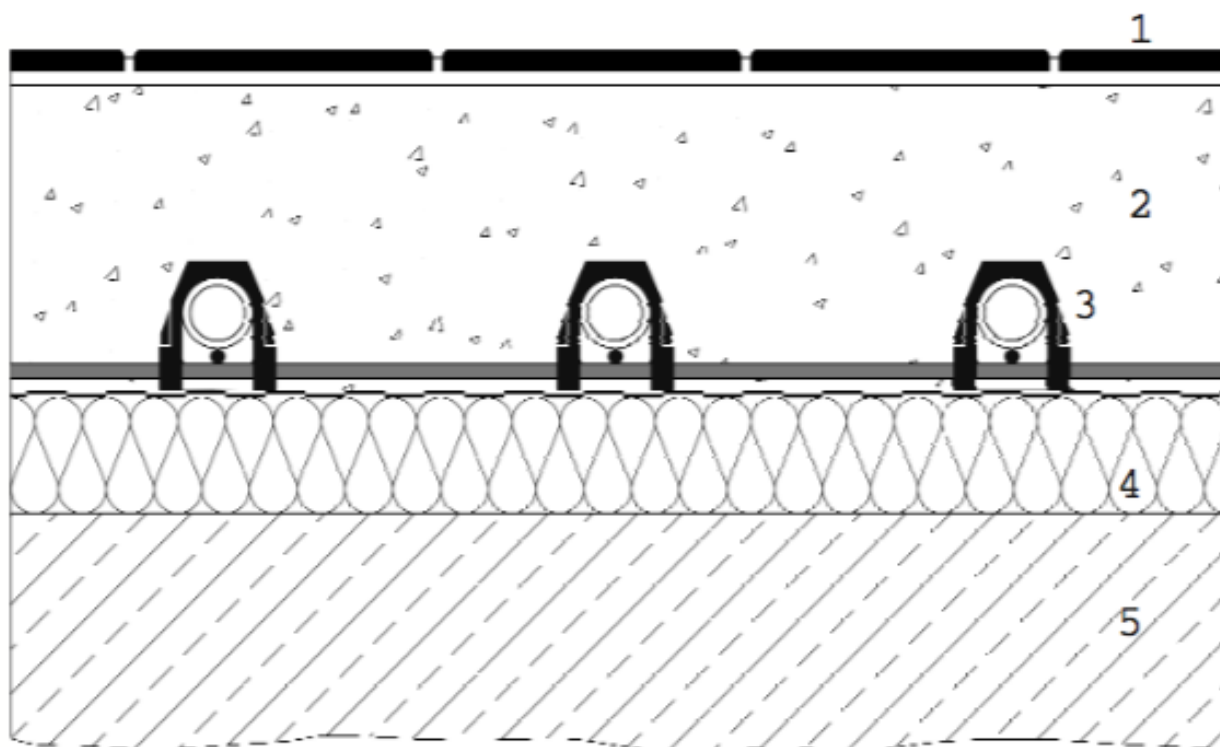
Iz tablice 1. vidljivo je da u području rubnih zona (uz vanjske zidove i prozorske površine/širine odgovara 20% dubine prostorije, do max. 1,0 m) temperatura poda iznosi 35° C . To se postiže na način da se u tim zonama cijevi polažu gušće.

1.3.1. Sustavi postavljanja [4]

Razlikuju se 2 vrste sustava postavljanja:

- Sustav postavljanja na mokro
- Sustav postavljanja na suho

Kod sustava postavljanja na mokro grijaće cijevi su postavljene potpuno ili djelomično u estrih.



Slika 7. Sustav postavljanja na mokro [4]

Elementi sustava postavljanja na mokro: 1 – podna obloga; 2 – estrih; 3 – grijaća cijev i učvršćenje; 4 – toplinska izolacija i izolacija od buke; 5 – temeljna ploča

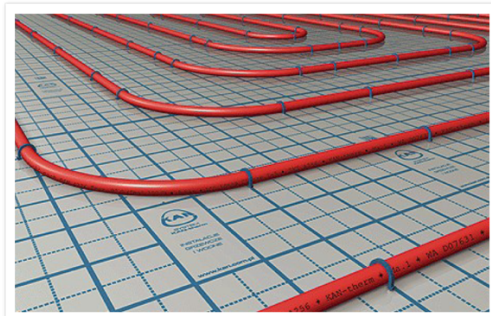
Prekrivanje estrihom dovodi do podupiranja grijaće cijevi i time do rasterećenja napetosti materijala. Budući da se toplina može optimalno provoditi, srednje su temperature stjenke cijevi oko 1,5 °C niže nego kod sustava postavljanja na suho. Kako bi se zadovoljili svi zahtjevi, postoje tri varijante ugradnje podnog grijanja za sustave polaganja na mokro.

Ovisno o građevinskoj situaciji ili potrebi može se birati između varijanti [4]:

- Postavljanje na rešetkastu konstrukciju
- Postavljanje na sustav TACKER
- Postavljanje na ploču s čepovima



Slika 8. Podno grijanje s rešetkastom konstrukcijom [4]

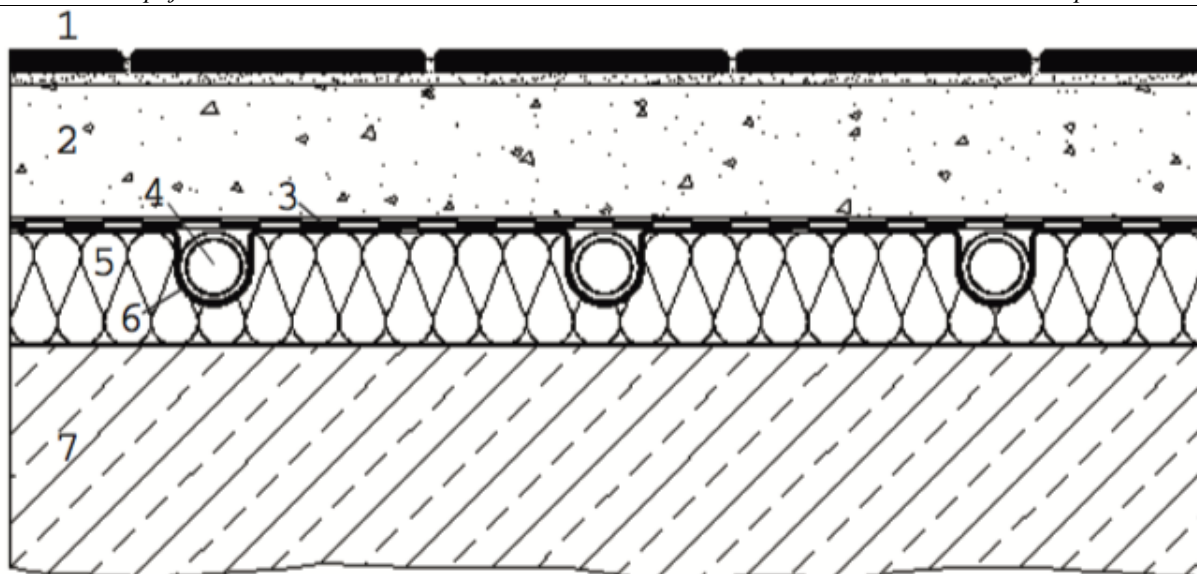


Slika 9. Podno grijanje s TACKER sustavom [4]



Slika 10. Podno grijanje s čepovima [4]

Kod sustava polaganja na suho, grijaće cijevi postavljene su u kontaktu s elementima za toplinsku provodljivost ispod estriha.



Slika 11. Sustav polaganja na suho [4]

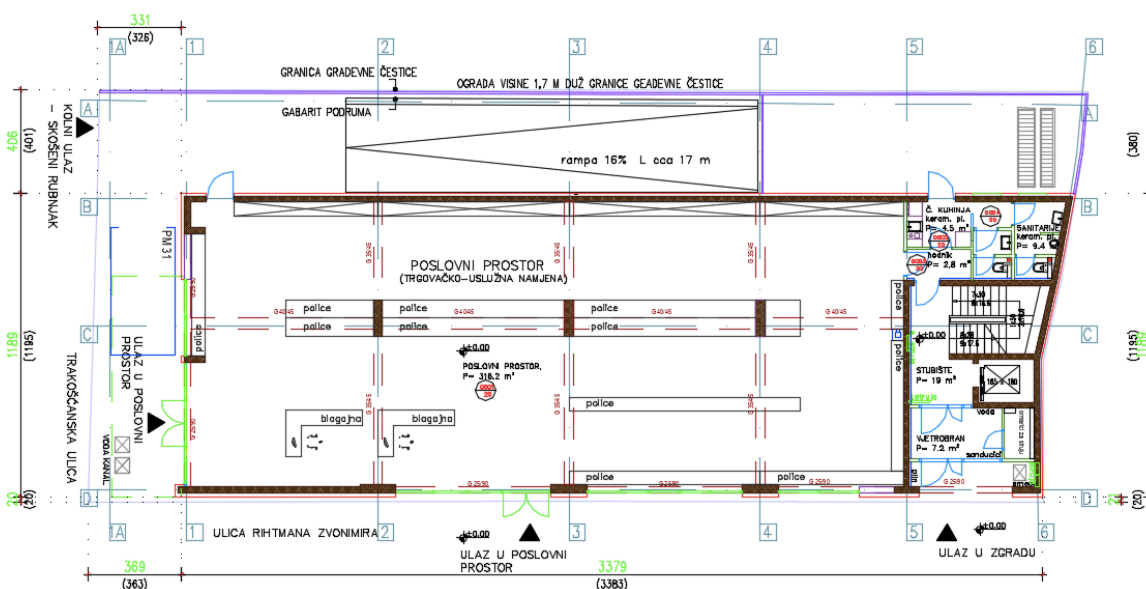
Elementi sustava postavljanja na suho: 1 – podna obloga; 2 – suha estrih ploča; 3 – folija; 4 – grijaća ploča; 5 – ploča za polaganje; 6 – lim za topl. provođenje; 7 – temeljna ploča

U ovom radu odabran je sustav postavljanja na mokro, odnosno sustav podnog grijanja s čepovima koji će u kasnijim poglavljima biti detaljnije objašnjen.

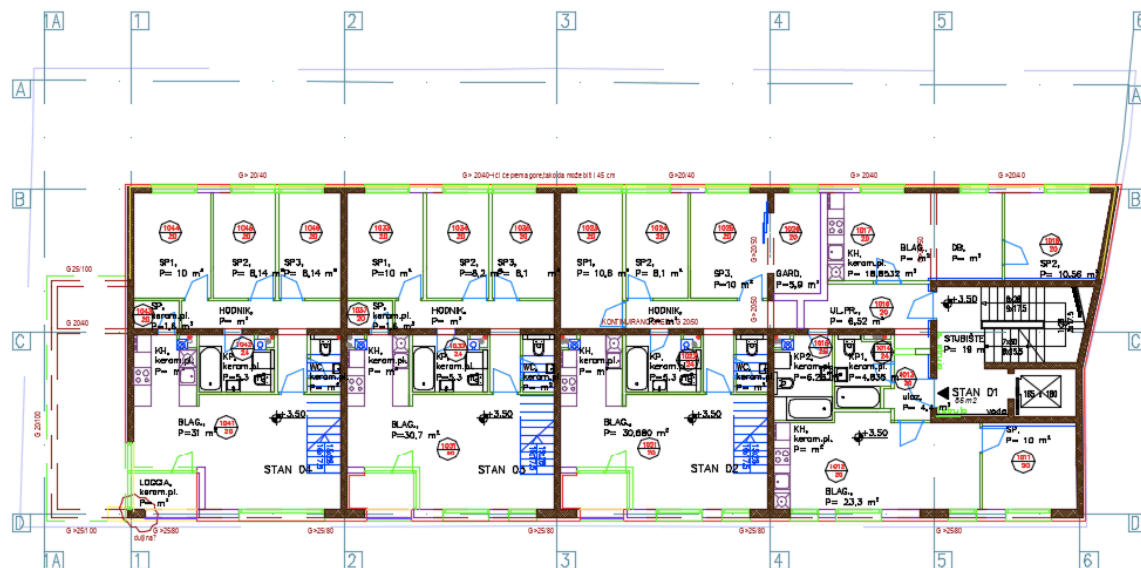
2. OPIS ZGRADE

Zgrada u kojoj se projektira sustav grijanja, hlađenja i ventilacije nalazi se na području grada Zagreba i sastoji se od sedam etaža: dvije podzemne etaže predviđene kao garažni prostor, prizemlje i četiri kata; ukupne korisne površine 1200 m². Vanjski zidovi zgrade su armirano-betonski zidovi debljine 20 cm s 10 cm izolacije od kamene vune (Rockwool sistem). Pregradni zidovi između stanova izvedeni su kao armirano-betonski debljine 20 cm dok su pregradni zidovi između prostorija izvedeni od opeke debljine 10 cm. Zavisno o namjeni prostorije, završna obloga poda su parket ili keramičke pločice. Porastom svijesti o energetskej održivosti koriste se trostruka izo stakla niske provodnosti ispunjena zrakom.

Na slikama 12. i 13. prikazani su karakteristični tlocrti zgrade.

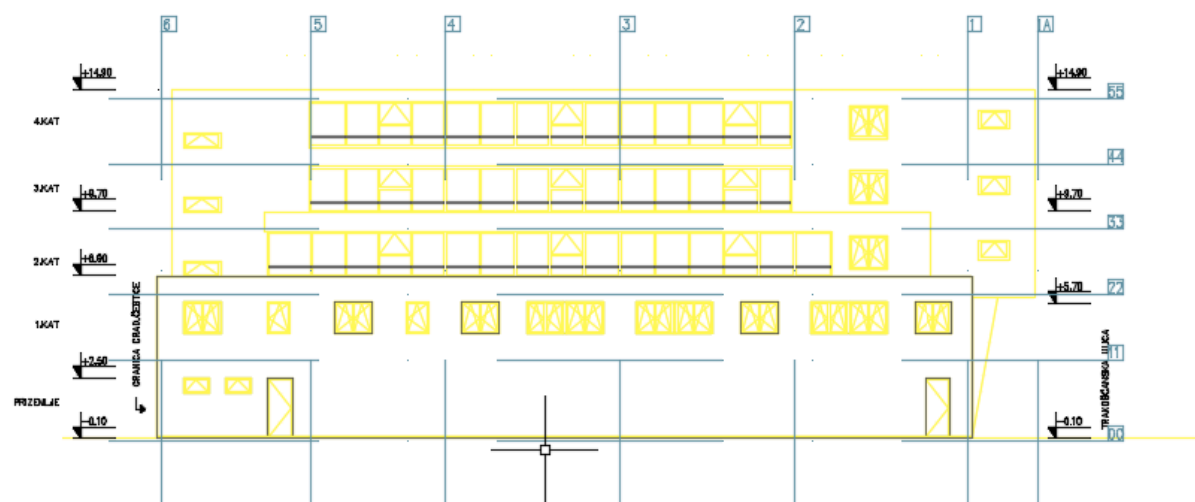


Slika 12. Tlocrt prizemlja s poslovnim prostorom

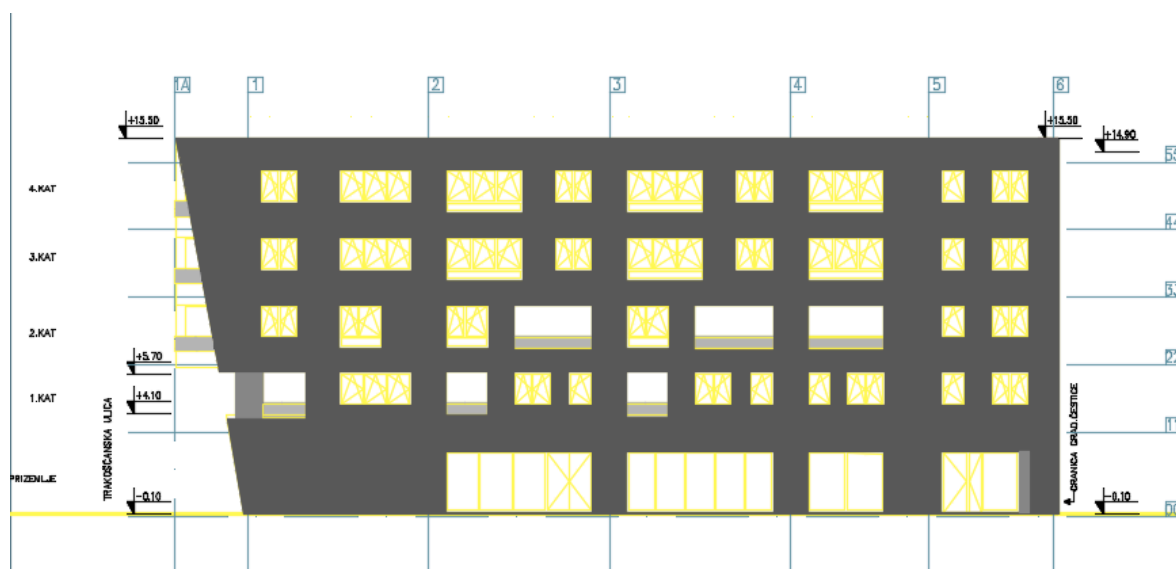


Slika 13. Tlocrt 1. kata sa stanovima

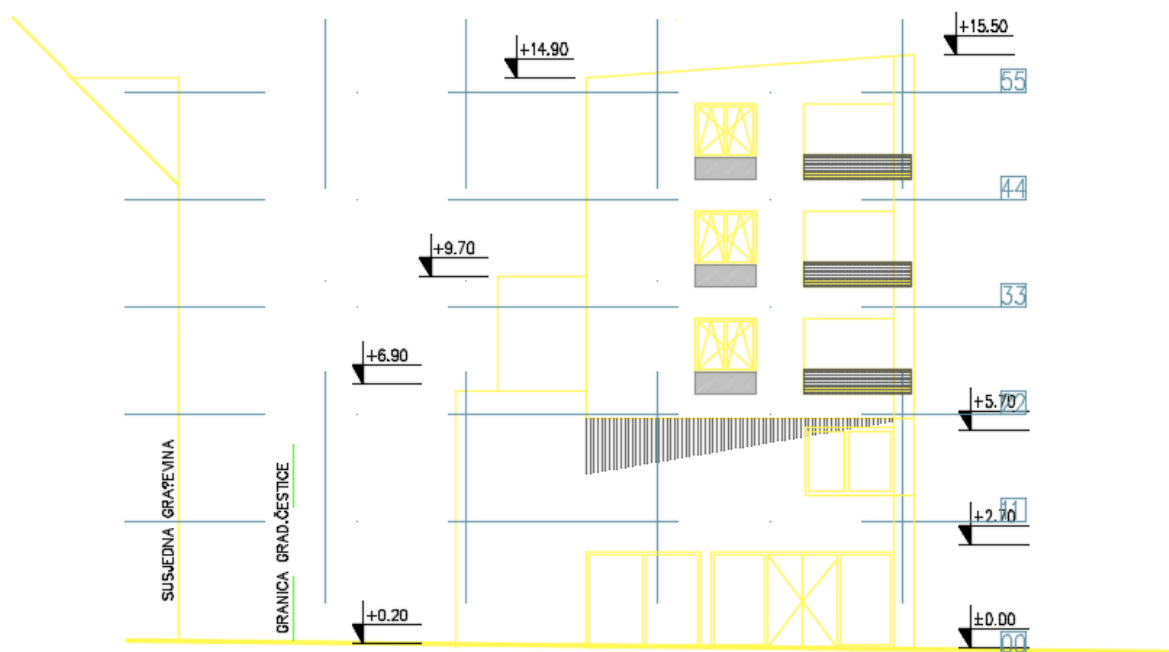
Ulaz u stambeni dio zgrade smješten je na južnom pročelju zgrade (slika 18.). Poslovnom prostoru može se pristupiti sa sjevera (slika 17.), istoka i juga. Garažnom prostoru, koji se neće tretirati, pristupa se sa zapadne strane. Poslovnom i stambenom dijelu se iz garaže može pristupiti dizalom ili stubištem koji se također neće tretirati. Garaža na etaži -1 biti će korištena za smještaj strojarske opreme (razvod cijevi s pripadajućom armaturom, spremnik PTV-a). Dizalica topline biti će smještena izvan zgrade uz njeno istočno pročelje. Zgrada je izvedena s ravnim krovom na kojem se predviđa smještanje solarnih kolektora. Gledano s zapadne strane (slika 19.), zgrada je izvedena stepenasto, prizemlje i prva etaža imaju najveću površinu, druga etaža ima nešto manju površinu, dok treća i četvrta etaža imaju najmanju površinu. U prizemlju zgrade smješten je poslovni prostor od 340 m² koji se sastoji od uredskih prostora, kuhinje i sanitarnog prostora. Sve prostorije su i grijane i hladene. Prva etaža sadrži se od 4 stambene jedinice (S1, S2, S3 i S4) i na prvoj etaži može se pristupiti samo prvoj stambenoj jedinici – S1. Ostalim stambenim jedinicama (S2, S3 i S4) pristupa se iz druge etaže (iz galerije). Uz već spomenute ulaze u stambene jedinice prve etaže, na drugoj etaži nalaze se još četiri stambena prostora (S5, S6, S7 i S8). Treća i četvrta etaža imaju jednaku površinu i svaka ima po još četiri stambene jedinice što ukupno iznosi 16 stambenih jedinica. Unutar stambenih jedinica sve su prostorije grijane i hladene osim ulaznih prostora u dvoetažne stanove. WC-i i kupaone se ne hlade.



Slika 14. Pročelje sjever



Slika 15. Pročelje jug



Slika 16. Pročelje zapad

3. TOPLINSKI DOBICI I GUBICI ZGRADE

Toplinski gubici zgrade računaju se sukladno normi HRN EN 12831 a toplinska opterećenja računaju se prema smjernici VDI 2078.

3.1. Proračun projektnih toplinskih gubitaka zgrade prema HRN EN 12831

Prije proračuna prema HRN EN 12831 potrebno je sukladno zadanoj fizici zgrade definirati koeficijente prolaza topline U koji se odnose na građevne dijelove. Sljedeća tablica daje koeficijente prolaza topline svih građevnih dijelova.

Tablica 2. Koeficijenti prolaza topline predmetne zgrade

Koeficijenti prolaza topline		
Oznaka	Vrsta	U (W/m ² K)
p – prozor	Prozor	1,100
vz – vanjski zid	Vanjski zid	0,220
v – vrata	Vrata	1,800
rk – ravni krov	Strop	0,170
spn – strop prema negrijanom	Strop	0,400
uz – unutarnji zid	Unutarnji zid	0,230
pp – pregradni zid	Unutarnji zid	0,600
ss – staklena stijena	Unutarnji zid	1,100
pnt – pod na tlu	Pod prema tlu	0,300

Uvjet koji se mora zadovoljiti je da definirani koeficijenti slijede zahtjeve iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Nakon definiranja koeficijenata slijedi proračun po normi HRN EN 12831 koji je izrađen u računalnom programu IntegraCAD. U nastavku su prikazani svi koraci koji dovode do konačnih rezultata.

3.2. Norma HRN EN 12831

3.2.1. Projektni toplinski gubici prostorije

Projektni toplinski gubici prostorije računaju se kao zbroj projektnih transmisijских gubitaka i projektnih ventilacijskih gubitaka topline prostorije.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

- Φ_i - projektni toplinski gubici topline prostorije [W]
- $\Phi_{T,i}$ - transmisijски gubici topline prostorije [W]
- $\Phi_{V,i}$ - ventilacijski gubici topline prostorije [W]

3.2.2. Transmisijски gubici

Transmisijски gubici uzimaju u obzir izmjenu topline kroz građevne elemente prema:

- vanjskom okolišu
- negrijanom prostoru
- tlu
- prostoru različite temperature

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij})(\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

- $H_{T,ie}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora kroz negrijani prema vanjskom okolišu [W/K]
- $H_{T,ig}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora tlu [W/K]
- $H_{T,ij}$ - koeficijent transmisijskog gubitka od grijanog prostora prema susjednom grijanom prostoru različite temperature [W/K]
- $\theta_{\text{int},i}$ - unutarnja projektna temperatura prostora [°C]
- θ_e - vanjska projektna temperatura [°C]

Unutarnja projektna temperatura prostora ovisi o namjeni prostorije i odabire se prema normi HRN EN 12831. Tablica 3. prikazuje unutarnje projektne temperature pojedinih prostorija.

Tablica 3. Unutarnja projektna temperatura grijanih prostorija - osjetna temperatura

Namjena prostorije	$\vartheta_{\text{int},i}$ [°C]
Stambene zgrade – dnevna, spavaća soba, kuhinja, zahod	20
Stambene zgrade – kupaonica	24
Trgovine – prodajni prostor	20

Vanjska projektna temperatura grijanja jest temperatura vanjskog zraka θ_e (°C) prema podacima iz Meteoroloških podataka za najbližu klimatski mjerodavnu meteorološku postaju (Zagreb - Maksimir), preuzima se iz Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [6].

Vrijednosti za projektiranje prema Tehničkom propisu	
N	20
$\theta_{\text{min},\text{ym}}$ [°C]	-12.8
$\theta_{\text{max},\text{ym}}$ [°C]	29.6
θ_w^* [°C]	19.7
θ_d^* [°C]	15.1
$\theta_{\text{SW},\text{ym}}$ [°C]	14.3

Slika 17. Vanjska projektna temperatura za Zagreb – Maksimir [6]

Koeficijent transmisijskih gubitaka prema vanjskom okolišu se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [\text{W/K}] \quad (3)$$

- A_k - površina plohe "k" (zid, prozor, vrata, strop, pod) kroz koju prolazi toplina [m²]
- e_k , e_l - korekcijski faktori izloženosti koji uzimaju u obzir klimatske utjecaje kao vlažnost, temperatura, brzina vjetrova. Određuju se na nacionalnoj razini. Ako vrijednosti nisu određene nacionalnoj razini uzeti 1.
- U_k - koeficijent prolaza topline elementa građevine "k" [W/m²K]
- l_l - dužina linijskog toplinskog mosta između vanjskog okoliša i prostorije [m]
- ψ_l - linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta "l" [W/mK]

Površina ploha (zid, prozor, vrata, strop, pod) računata su prema danoj geometriji u arhitektonskim podlogama. Programski paket IntegraCAD na vrlo spretan način olakšava sam proračun jer plohe poput prozora i vrata gleda kao površine koje se oduzimaju od površine zidova, odnosno dimenzije zida se u IntegraCAD unose kao da nema prozora i vrata.

Utjecaj toplinskih mostova nije detaljno proračunavan nego je uzet u obzir povećanjem koeficijentata prolaza topline U svakog građevnog dijela koji ima gubitke prema vanjskom okolišu za $\Delta U_{\text{toplinski_most}} = 0,02 \text{ W/(m}^2 \text{ /K)}$.

Koeficijent transmisijских gubitaka preko negrijanih prostora se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

- b_u - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir temperaturu negrijanog prostora i vanjsku projektnu temperaturu

Površine prema negrijanim prostorima odredile su se iz arhitektonskih podloga dok su toplinski mostovi zanemareni.

Ako je temperatura negrijanog prostora poznata, faktor smanjenja temperaturne razlike definira se kao:

$$b_u = \frac{\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_u}{\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e} \quad [^\circ\text{C}] \quad (5)$$

- ϑ_u - projektna temperatura negrijanog prostora $[^\circ\text{C}]$

Ukoliko temperatura negrijanog prostora nije poznata faktor se može odrediti prema vrsti (prostorija, podrum, potkrovlje, unutarnji neventilirani prostori, prostori s prirodnom ventilacijom i podignuti pod) i brojem vanjskih zidova/otvora.

Koeficijent transmisijских gubitaka prema tlu se računa prema sljedećem izrazu:

$$H_{T,i\ g} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \sum_k (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (6)$$

- f_{g1} - korekcijski faktor za utjecaj godišnje oscilacije vanjske temperature predložena vrijednost: 1.45
- f_{g2} - faktor smanjenja temperaturne razlike koji uzima u obzir razliku između godišnje srednje vanjske i vanjske projektne temperature prema jednadžbi:

$$f_{g2} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{m,e}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (7)$$

- $\vartheta_{m,e}$ – srednja godišnja vanjska temperatura

ZAGREB MAKSIMIR

h: 123
 ϕ : 45° 49'19"
 λ : 16° 2'1"
 razdoblje: 1991-2010.

Dnevne vrijednosti po mjesecima

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	GOD
$\theta_{mm} [^{\circ}\text{C}]$	1.0	2.9	7.1	11.7	16.8	20.3	21.9	21.3	16.3	11.4	6.5	1.4	11.6

Slika 18. Srednja godišnja vanjska temperatura [6]

- $U_{equiv,k}$ - ekvivalentni koeficijent prolaza topline iz tablica i dijagrama prema tipologiji poda (dubina ispod površine tla, koef. U_{pod} , karakt. B'...) ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)
- G_w - korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode

Iako se ispod poslovnog prostora nalazi negrijana garaža, dogovoreno je da se radi osiguravanja potrebnog toplinskog učina računa kao da se ispod poslovnog prostora nalazi tlo.

Kupaonice se prema HRN EN 12831 održavaju na 24 °C (prikazano u tablici 3.) i iz tog razloga imaju gubitke topline prema susjednim grijanim prostorijama niže temperature. S obzirom na navedeno, potrebno je izračunati i koeficijent transmisijских gubitaka prema grijanim prostorima različite temperature:

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij} \quad [\text{W/K}] \quad (8)$$

- f_{ij} - faktor smanjenja temperature razlike koji uzima u obzir razliku između temperature susjednog prostora i projektne vanjske temperature [-]

$$f_{ij} = \frac{\vartheta_{int,i} - \vartheta_{ads}}{\vartheta_{int,i} - \vartheta_e} \quad [-] \quad (9)$$

- ϑ_{ads} – temperatura susjednog prostora [$^{\circ}\text{C}$]

3.2.3. Ventilacijski toplinski gubici

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (10)$$

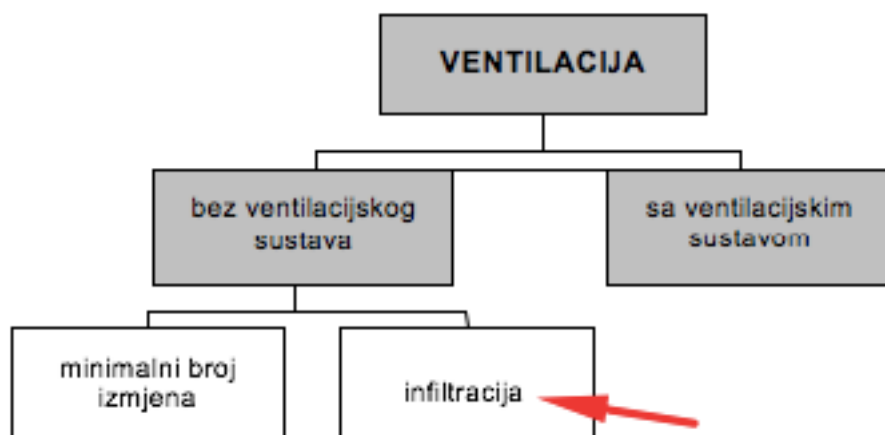
- $H_{V,i}$ - koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka [W/K]

Koeficijent ventilacijskih gubitaka se računa prema:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (11)$$

- V_i - volumni protok zraka u grijani prostor [m^3/s]
- ρ - gustoća zraka [kg/m^3]
- c_p - specifični toplinski kapacitet zraka pri unutarnjoj projektnoj temperaturi [J/kgK]

Ventilacijski gubici izračunati su kao da zgrada nema ventilacijskog sustava s obzirom da za predmetnu zgradu ne postoje strogi ventilacijski zahtjevi. Isto tako, kada bi se ventilacijski sustav uzeo u obzir, projektni ventilacijski gubici bi zbog visokog stupnja povrata topline bili manji nego u slučaju kada bi se pretpostavilo da mehanička ventilacija ne postoji pa se može zaključiti da odabrani pristup služi kao sigurnost u slučaju da sustav ventilacije nije u funkciji.



Slika 19. Način određivanja volumnog protoka zraka V_i [5]

Bez ventilacijskog sustava, volumni protok se računa:

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (12)$$

- $V_{inf,i}$ - maksimalni protok zraka u prostoriju usljed infiltracije kroz zazoru [m^3/h]
- $V_{min,i}$ - minimalni higijenski protok zraka [m^3/h]

Ručnim proračunom $V_{min,i}$ ima veći iznos od $V_{inf,i}$. Razlog je u tome što se koristi stolarija niske zrakopopusnosti i to povlači da će se on uzeti kao referentan volumni protok zraka.

Volumni protok zraka računa se prema:

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_{p,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (13)$$

- n_{min} – minimalni higijenski broj izmjena zraka [h^{-1}]
- $V_{p,i}$ - volumen zraka u prostoriji [m^3]

Za sve prostorije s vanjskim otvorima u koje zrak ulazi sa svojstvima vanjskog zraka minimalni higijenski broj izmjena zraka prema [5] iznosi $n_{min}=0,5 \text{ h}^{-1}$. Za prostorije bez vanjskih otvora uzima se pretpostavka da nemaju ventilacijskih gubitaka.

3.2.4. Prostori s prekidom grijanja

Zbroju projektnih transmisijskih i ventilacijskih toplinskih gubitaka dodaje se toplinski tok namjenjen prostorima s prekidima grijanja. Prostori s prekidima grijanja zahtjevaju dodatnu toplinu za zagrijavanje do projektne temperature prostorije nakon što ona u periodu prekida grijanja padne.

Toplina zagrijavanja ovisi o [5]:

1. toplinskom kapacitetu elemenata građevine
2. vremenu zagrijavanja
3. temperaturnom padu tijekom prekida grijanja
4. svojstvima sustava regulacije

Dodatni potrebni toplinski kapacitet u intermitentnom načinu rada računa se prema:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (14)$$

- A_i - površina grijane prostorije [m^2]
- f_{RH} – korekcijski faktor ovisan o vremenu zagrijavanja i pretpostavljenom padu temperature za vrijeme prekida [W/m^2]

Temeljeno prema normi HRN EN 12831 u IntegraCAD su uvedene sljedeće pretpostavke:

frh

Prekid grijanja (h) 12

Pad temperature 2

Vrijeme (h) 4

frh 11

U redu Odustani

Slika 20. Obrazac za određivanje korekcijskog faktora f_{RH}

Uvođenjem prikazanih pretpostavki odabran je faktor u iznosu $f_{RH} = 11 \text{ W/m}^2$. Odabrani faktor se u proračunu transmisija uzima u obzir samo kod poslovnog prostora. Za stambene jedinice ne uzima se u obzir prekid grijanja.

Projektni toplinski gubici za pojedinu prostoriju računaju se zbrajanjem transmisijskih i ventilacijskih gubitaka te dodataka zbog prekida grijanja prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (15)$$

Ako bi se toplinski gubici gledali na razini zgrade, rezultat bi bila suma svih transmisijskih, ventilacijskih i suma svih dodataka zbog ponovnog zagrijavanja.

3.2.5. Rezultati proračuna prema HRN EN 12831

Provedeni proračun u računalnom paketu IntegraCAD nudi mogućnost iznošenja rezultata u Microsoft Excel. U nastavku će biti prikazan proračun za poslovni prostor i jednu reprezentativnu prostoriju unutar stambene jedinice.

Tablica 4. Toplinski proračun gubitaka topline za POSL. PROSTOR

PRIZEMLJE				Prostorija:			P1 0001-POSL. PROSTOR											
Duljina (m)				316,20			T (m)			10,00								
Širina (m)				1,00			Gw			1,00								
Površina (m²)				316,20			f g1			1,45								
Visina (m)				2,90			Broj otvora			3								
Volumen (m³)				916,98			e i			0,03								
Oplošje (m²)				2472,16			f vi			1,00								
Visina iznad tla (m)				0,00			V ex (m³/h)			0,00								
Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)			0,00								
Theta e (°C)				- 10			V su,i (m³/h)			0,00								
f RH				11,00			n min (1/h)			0,50								
Korekcijski faktor - fh,i				1,00														
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A O (m²)	A' (m²)	P	Z	U	Ueq	Theta u/a	ek	bu	fij	fg2	H T,i (W/K)	Phi T,i (W)
v - vrata	okolici	S	1	2,75	1,00	2,75	-	2,75	0,00	0,00	1,800	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	4,950	148
vz - vanjski zid	okolici	S	1	28,00	2,90	81,20	+	78,45	0,00	0,00	0,220	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	17,259	517
uz - unutar nji zid	negrijanoj prostoriji	I	1	8,10	2,90	23,49	+	23,49	0,00	0,00	0,240	0,00	10	1,00	0,33	0,00	1,879	56
v - vrata	okolici	J	1	4,20	1,00	4,20	-	4,20	0,00	0,00	1,800	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	7,560	226
ss - stakle na stijena	okolici	J	1	15,40	2,50	38,50	+	34,30	0,00	0,00	1,000	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	34,300	1029
vz - vanjski zid	okolici	J	1	42,70	1,00	42,70	+	42,70	0,00	0,00	0,220	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	9,394	281
v - vrata	okolici	Z	1	4,30	1,00	4,30	-	4,30	0,00	0,00	1,800	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	7,740	232
ss - stakle na stijena	okolici	Z	1	15,50	1,00	15,50	+	11,20	0,00	0,00	1,000	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	11,200	336
vz - vanjski zid	okolici	Z	1	17,08	1,00	17,08	+	17,08	0,00	0,00	0,220	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	3,758	112
pod na tlu	okolici	hor.	1	316,20	1,00	316,20	+	316,20	0,00	0,00	0,300	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	94,860	2845
Rezultati proračuna																		
Phi V,inf (W)				55			Phi T,i (W)			5786								
Phi V,min (W)				458			Phi V,i (W)			4677								
Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)			561								
Phi V,su (W)				0			Phi (W)			13941								
Phi RH (W)				3478			Phi/A (W/m²)			44								
Phi/V (W/m³)				15														

Tablica 5. Toplinski proračun gubitaka topline za BLAGOVAONU

Kat 2 \ Stan 06				Prostorija:			P8 2063-Blagovaona													
Duljina (m)				19,70			T (m)				10,00									
Širina (m)				1,00			Gw				1,00									
Površina (m²)				19,70			f g1				1,45									
Visina (m)				2,50			Broj otvora				2									
Volumen (m³)				49,25			e i				0,03									
Oplošje (m²)				142,90			f vi				1,00									
Visina iznad tla (m)				6,30			V ex (m³/h)				0,00									
Theta int, i (°C)				20			V su (m³/h)				0,00									
Theta e (°C)				- 10			V su,i (m³/h)				0,00									
f RH				0,00			n min (1/h)				0,50									
Korekcijski faktor - fh,i				1,00																
OZ	Stijena prema	SS	Br	Duž. (m)	V/Š (m)	A (m²)	O	A' (m²)	P	B'	Z	U	Ueq	Theta u/a	ek	bu	fij	fg2	HT,i (W/K)	Phi T,i (W)
v - vrata	okolici	I	1	0,80	2,20	1,76	-	1,76	0,00	0,00	0,00	1,800	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	0,00	3,168	95
ss - stakle na stijena	okolici	I	1	1,30	2,50	3,25	+	1,49	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	0,00	1,490	44
p - prozor	okolici	J	1	3,24	1,00	3,24	-	3,24	0,00	0,00	0,00	1,000	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	0,00	3,240	97
vz - vanjski zid	okolici	J	1	3,60	2,50	9,00	+	5,76	0,00	0,00	0,00	0,220	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	0,00	1,267	38
vz - vanjski zid	okolici	Z	1	1,40	2,50	3,50	+	3,50	0,00	0,00	0,00	0,220	0,00	- 10	1,00	0,00	0,00	0,00	0,770	23
Rezultati proračuna																				
Phi V,inf (W)				3			Phi T,i (W)				298									
Phi V,min (W)				25			Phi V,i (W)				251									
Phi V,mech,inf				0			Phi V,mech (W)				30									
Phi V,su (W)				0			Phi (W)				549									
Phi RH (W)				0			Phi/A (W/m²)				27									
Phi/V (W/m³)				11																

Tablica 6. Toplinski gubici za cijelu zgradu

Kat	Prostorija	A [m ²]	Φ_T [W]	Φ_V [W]	Φ_{RH} [W]	Φ_{HL} [W]
Prizemlje	Poslovni prostor	331	6365	4924	3660	14949
Ukupno: prizemlje			6365	4924	3660	14949
1. kat	Stan 01	81	1184	1099	0	2283
	Stan 02	71	825	952	0	1777
	Stan 03	65	852	867	0	1719
	Stan 04	66	1087	871	0	1958
Ukupno 1. kat			3948	3789	0	7737
2. kat	Stan 05	53	806	711	0	1517
	Stan 06	41	662	565	0	1227
	Stan 07	41	664	565	0	1229
	Stan 08	67	1123	892	0	2015
Ukupno 2. kat			3255	2733	0	5988
3. kat	Stan 09	46	649	625	0	1274
	Stan 10	42	429	570	0	999
	Stan 11	42	431	570	0	1001
	Stan 12	67	1205	902	0	2107
Ukupno 3. kat			2714	2667	0	5381
4. kat	Stan 13	46	899	627	0	1526
	Stan 14	42	658	570	0	1228
	Stan 15	42	659	570	0	1229
	Stan 16	67	1591	902	0	2493
Ukupno 4. kat			3807	2669	0	6476
Ukupno zgrada			20089	16782	3660	40531

Tablica 6. daje prikaz toplinskih gubitaka za poslovni i stambeni prostor.

Nakon što su se odredili toplinski gubici svih prostorija potrebno je napraviti sumarnu analizu. Transmisijski gubici zgrade iznose 20 kW, za takav relativno nizak iznos najviše je zaslužna povoljna vanjska izolacija pa ni ne čudi da su transmisijski gubici skoro podjednaki ventilacijskim 17 kW (minimalan broj izmjena $n_{\min}=0,5$). Ukupni toplinski gubici zgrade proračunati prema HRN EN 12831 (zbroy transmisijskih, ventilacijskih i gubitaka ponovnog zagrijavanja zbog prekida grijanja) iznose 41 W. Kada se dimenzionira ogrijevno tijelo, bitan uvjet odabira je da pri projektnoj vanjskoj temperaturi može ostvariti toplinski učin od minimalno 41 kW.

3.3. Smjernica VDI 2078

Proračun toplinskih dobitaka izrađen je prema smjernici VDI 2078. Na temelju dobivenih rezultata dimenzionira se oprema. Proračun toplinskih dobitaka prostorije prema smjernici VDI 2078 napravljen je u programskom alatu IntegraCAD. Proračun po VDI uzima u obzir solarne dobitke koji značajno utječu na toplinsko opterećenje zgrade. Akumulacijom solarnih dobitaka u građevnim elementima zgrade koji su izloženi sunčevom zračenju, građevni elementi se zagrijavaju i poprimaju temperaturu višu od unutarnjeg zraka i tada predstavljaju toplinsko opterećenje jer dolazi do konvektivnog prijenosa topline na unutarnji zrak.

Izvori topline u ljetnom razdoblju:

- unutrašnji izvori topline Φ_I (dobitak topline od ljudi, rasvjete, strojeva, susjednih prostorija,...)
- vanjski izvori topline Φ_A (dobitak topline kroz zidove i staklene plohe transmisijom i zračenjem)

3.3.1. Unutrašnji izvori topline

$$\Phi_I = \Phi_P + \Phi_M + \Phi_B + \Phi_G + \Phi_C + \Phi_R \quad [\text{W}] \quad (16)$$

- Φ_P - toplinski dobici od osoba [W]
- Φ_M - toplinski dobici od strojeva i uređaja [W]
- Φ_B - toplinski dobici od rasvjete [W]
- Φ_G - toplinski dobici od prolaznog materijala kroz prostoriju [W]
- Φ_C - toplinski dobici od susjednih prostorija [W]
- Φ_R - toplinski dobici od ostalih izvora [W]

Dobici od osoba uzeti su u obzir jedino u dnevnom boravku obzirom na to da se tamo ljudi najviše zadržavaju i definirano je da osobe u dnevnom boravku vrše lagani rad. U ostalim prostorijama ljudi se preko dana malo zadržavaju pa te prostorije nisu uzete u obzir. Za poslovni prostor procijenjeno je da će se za vrijeme radnog vremena (8:00h – 20:00h) stalno zadržavati sveukupno 9 osoba, jedna osoba će se baviti teškim radom (npr. skladištar), tri osobe će se baviti srednje teškim radom (npr. blagajnice/slagači polica) i preostalih 5 osoba će obavljati lagani rad (npr. kupci).

Tablica 7. Toplinski tok koji odaju ljudi [7]

		[°C]	18	20	22	23	24	25	26
Ljudi koji <u>ne</u> vrše fizički rad	$Q_{osjetna}$	[W]	100	95	90	85	75	75	70
	$Q_{latentna}$	[W]	25	25	30	35	40	40	45
	Q_{ukupna}	[W]	125	120	120	120	115	115	115
	od.v.p.*	[g/h]	35	35	40	50	60	60	65
Srednje težak rad	Q_{ukupna}	[W]	270	270	270	270	270	270	270
	$Q_{osjetna}$	[W]	155	140	120	115	110	105	95

* odavanje vodene pare, [g/h]

Što se dobitaka od rasvjete tiče, za poslovni prostor i stambene jedinice procijenjeno je da će dobiti od rasvjete iznositi 6 W/m^2 , planirana je LED rasvjeta koja je energetski učinkovita i koja pritom emitira relativno malo toplinsko zračenje. U poslovnom prostoru predviđeno je da rasvjeta radi koliko je i radno vrijeme poslovnog prostora, dok je za stambeni prostor određeno da rasvjeta radi od 8:00h – 16:00h, predimenzioniran je podatak ali određen je kako bi se povećao učinak na hlađenju. Primjer unosa rasvjete za poslovni prostor prikazano je na slici 24.

Grupa rasvjete: Rasvjeta1 Nova grupa P(W) 1300

Vrijeme rada: Od 8 sati do 20 sati Promijena imena I 1

Udio konvekcije: svjetiljka je ugrađena ili je na stropu (30%) Brisanje grupe mb 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P(W)	0	0	0	0	0	0	0	1300	1300	1300	1300	1300
I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
mb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q (W)	0	0	0	0	0	0	0	155	1040	949	975	1000

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P(W)	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	0	0	0	0
I	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mb	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q (W)	1027	1053	1065	1091	1105	1118	1131	1143	0	0	0	0

Slika 21. Obrazac za unos dobitaka od rasvjete

Dobici od strojeva su preuzeti iz norme VDI 3804, kratki pregled dan je u tablici 12.

Tablica 8. VDI 3804 – toplina koju odaju različiti strojevi

Električni uređaj	Prikjučna vrijednost [W]	Trajanje upotrebe [min/h]	Voda [g/h]	Odavanje topline	
				osjetna [W]	ukupna [W]
Računalo (PC)	100..150	60	–	40..50	80..100
Printer	20..30	15	–	5..7	5..7
Ploter	20..60	15	–	5..15	5..15
Električni štednjak	3000	60	2100	1450	3000
	5000	60	3600	2500	5000
Usisavač	200	15	–	50	50
Perilica rublja	3000	60	2100	1450	3000
	6000	60	4200	2900	6000
Centrifuga za rublje	100	10	–	15	15
Hladnjak	100	60	–	300	300
	175	60	–	500	500
Pegla	500	60	400	230	500
Radio	40	60	–	40	40
Televizor	175	60	–	175	175
Aparat za kavu	500	30	100	180	250
	3000	30	500	1200	1500
Toaster	500	30	70	200	250
	2000	30	300	800	1000
Sušilo za kosu-fen	500	30	120	175	250
	1000	30	240	350	500

Dobitci od uređaja su predviđeni u poslovnom prostoru (računalo, printer, hladnjak), u blagovaoni (računalo, TV, radio) i kuhinji (el. štednjak, hladnjak). S obzirom da IntegraCAD ne nudi mogućnost da se uređaji koriste u kraćim periodima od 6/8/12 sati, problemu se pristupilo tako da su se priključne snage podijelile s vremenom korištenja kako bi što vjerodostojnije prikazivalo dnevnu potrošnju.

Za prostorije koje nisu hladjene, poput stubišta i galerije, uvedena je pretpostavka da te prostorije dijele temperaturu okoliša. Za područje Zagreb – Maksimir ona iznosi 29,6 °C. Dobitci od nehladenog podruma su zanemareni zato što je podrum dobro izoliran i ukopan.

3.3.2. Vanjski dobici topline

Vanjski dobici topline računaju se prema:

$$\Phi_A = \Phi_W + \Phi_T + \Phi_S + \Phi_{FL} \quad [\text{W}] \quad (17)$$

Φ_W - toplinski dobici preko neprozirnih masivnih ploha [W]

Φ_T - toplinski dobici preko prozirnih nemasivnih ploha [W]

Φ_S - solarni toplinski dobici kroz n od stojeva i uređaja [W]

Φ_{FL} - ventilacijski toplinski dobici [W]

Kada su za određenu prostoriju izračunati i vanjski i unutarnji toplinski dobici potrebno je izračunati toplinsko opterećenje hladene prostorije.

3.3.3. Toplinsko opterećenje hladene prostorije

Toplinsko opterećenje se u svakom vremenskom trenutku računa za zadanu unutarnju temperaturu računa kao suma unutarnjih dobitaka prostorije i vanjskih dobitaka prostorije u određenom trenutku:

$$\Phi_{KR}(t) = \Phi_I(t) + \Phi_A(t) \quad [\text{W}] \quad (18)$$

- Φ_{KR} - toplinsko opterećenje hlađenje prostorije [W]
- Φ_I - unutarnji toplinski dobici hladene prostorije [W]
- Φ_A - vanjski toplinski dobici hladene prostorije [W]

Prema VDI 2078, ukupno toplinsko opterećenje se računa kao najveći zbroj toplinskih opterećenja u istom vremenskom trenutku na razini godine, a ne kao zbroj najvećih projektnih toplinskih opterećenja pojedinih prostorija. Na taj način se osigurava da izvor rashladnog učina ne bude predimenzioniran. Projektno toplinsko opterećenje zgrade se računa prema sljedećem izrazu:

$$\Phi_{KG} = \max \sum \Phi_{KR}(t) \quad [\text{W}] \quad (19)$$

- Φ_{KG} - projektno toplinsko opterećenje zgrade

3.3.4. IntegraCAD rezultati proračuna prema smjernici VDI 2078

Sljedeće tablice predstavljaju rezultate toplinskih opterećenja za sve hladene prostorije u zgradi. Prikaz će pojednostavljen (zbog velikog broja prostorija), detaljan prikaz dan je u prilogu III.

Tablica 9. Projektno toplinsko opterećenje zgrade Φ_{KG} [W]

Kat	Prostorija	21. lipanj	23. srpanj	24. kolovoz	22. rujan
Prizemlje	Poslovni prostor	6543	7698	7032	5844
1. kat	Stan 01	1505	1860	1788	1201
	Stan 02	1220	1510	1511	1108
	Stan 03	1229	1576	1523	1163
	Stan 04	1417	1683	1631	1215
2. kat	Stan 05	1171	1448	1402	1001
	Stan 06	1152	1296	1395	998
	Stan 07	989	1200	1207	854
	Stan 08	1457	1762	1690	1152
3. kat	Stan 09	1005	1319	1288	869
	Stan 10	732	1091	943	615
	Stan 11	817	1120	1002	732
	Stan 12	1869	2069	2069	1203
4. kat	Stan 13	1022	1350	1312	899
	Stan 14	829	1123	1089	615
	Stan 15	915	1144	1099	739
	Stan 16	1912	2174	2104	1514
Ukupno zgrada		25784	30921	30085	21722

Vršno toplinsko opterećenje pojedinih prostorija koristi se za dimenzioniranje rashladnih tijela. Prema tome, potrebno je odrediti ukupno toplinsko opterećenje koje se može javiti u najnepovoljnijem slučaju. Iz tablice 18. vidljivo je da se projektno toplinsko opterećenje zgrade $\Phi_{KG}=31 \text{ kW}$ pojavljuje na 23. srpnja u 16 sati te je time definiran minimalan potrebni rashladni učin dizalice topline.

4. DIMENZIONIRANJE I ODABIR PODNOG GRIJANJA I HLAĐENJA

4.1. Odabir opreme

Kao što je navedeno u poglavlju 1.3., odabran sustav podnog grijanja je mokri sustav podnog grijanja i hlađenja, odnosno sustav s čepovima. Proizvođač podnog sustava je REHAU.



Slika 22. Podni sustav s čepovima – REHAU [8]

Odabir ovog sustava temeljen je na jednostavnom i brzom polaganju cijevi, vrlo dobroj prohodnosti i sigurnom fiksiranju cijevi. Isto tako jednostavna je obrada izrezanih dijelova.

Komponente sustava su [8]:

- REHAU ploča s čepovima Varionova
- REHAU traka za povezivanje
- REHAU dilatacijska traka
- REHAU most preko čepova
- REHAU element za pridržavanje ploče

Cijevi koje će se primjenjivati su:

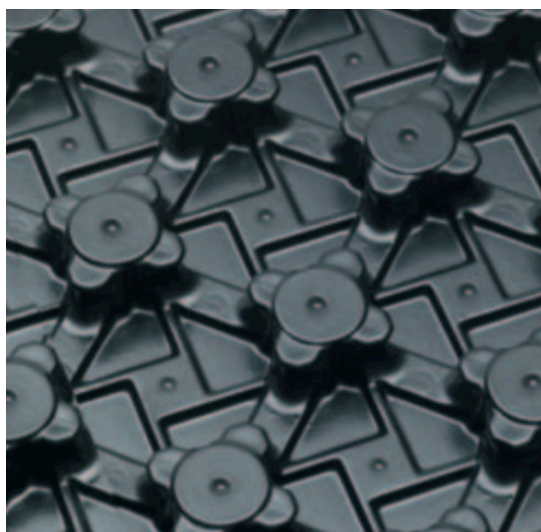
- RAUTERM S – 17 x 2,0 mm



Slika 23. RAUTHERM S cijev [8]

RAUTHERM S cijev za grijanje izrađena je od peroksidom umreženog polietilena (PE-Xa) i odgovara normi DIN 16892. Ovakav način umrežavanja je postojan pri visokim temperaturama i tlaku zbog prisustva peroksida. Molekule polietilena povezuju se u trodimenzijsku mrežu. Zahvaljujući visokoj fleksibilnosti PE-X materijala, cijevima se može bez problema rukovati i pri težim uvjetima rada, kao npr. niskim vanjskim temperaturama. [9]

Kod uporabe ploče s čepovima Varionova bez izolacije s donje strane u kombinaciji s RAUTHERM S 17 x 2,0 mm uz uporabu REHAU elemenata za pridržavanje ploče potrebno je osigurati sigurno pričvršćivanje (npr. lijepljenjem po cijeloj površini) s tvorničkom podlogom.



Slika 24. Gornja strana REHAU ploče s čepovima Varionova [8]

U ovoj izvedbi, multifunkcionalna folija za prekrivanje od polistirena osigurava vrlo dobro pridržavanje cijevi, vrlo dobru prohodnost i sigurno brtvljenje od vode za pripremu estriha i vlage. Rešetka postavljena na donjoj strani omogućuje brze i ravne krojeve. Posebna struktura čepova omogućuje razmake polaganja od 5 cm i mnogostruko i sigurno pridržavanje cijevi i u području skretanja cijevi.

Čepovi za spajanje omogućuju brzo i sigurno spajanje te sprječavaju zvučne i toplinske mostove.



Slika 25. Most s čepovima [8]

REHAU mostom za čepove sigurno se fiksiraju REHAU cijevi položene pod kutom od 45°.



Slika 26. Element za držanje ploče [8]

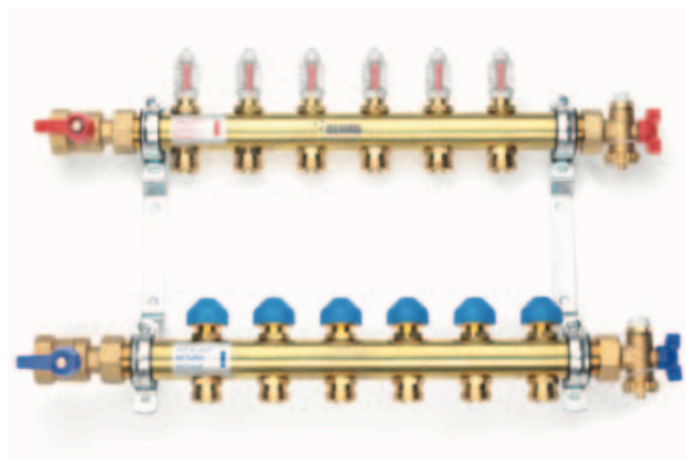
REHAU element za pridržavanje ploča služi sigurnom pričvršćivanju REHAU ploče s čepovima Varionova bez izolacije s donje strane na tvorničkoj izolaciji.



Slika 27. Dilatacijska traka [8]

REHAU dilatacijskom trakom sigurno se obrađuju prijelazi kod vrata te dilatacijske fuge u estrihu. U području dilatacijske trake ovisno prema zahtjevima s donje se strane postavlja REHAU sistemski izolacijski materijal.

U svakom stanu i poslovnom prostoru predviđen je zidni podžbukni ormarić Rehau UP u kojem je ugrađen REHAU razdjelnik krugova grijanja HKV-D (mesing)



Slika 28. REHAU razdjelnik krugova grijanja HKV-D [8]

Pribor za razdjelnik:

- REHAU razdjelni ormari za podžbuknu ili nadžbuknu montažu
- REHAU dogradni komplet mjerila toplinske energije
- REHAU set za regulaciju temperature TRS-V
- REHAU set regulatora fiksnih vrijednosti 1" (DN 25)
- Ventili za finu regulaciju u polaznom vodu
- Termostatski uložak za REHAU pogonsku jedinicu u povratnom vodu
- Priključni kuglasti ventil u polaznom i povratnom vodu
- Završni element razdjelnika s odzračivanjem/pražnjenjem
- Pocinčane konzole sa zvučno-izolacijskim umetcima
- Mjerač količine protoka u polaznom vodu s mogućnošću zatvaranja
- Termostatski uložak s regulacijom količine protoka u povratnom vodu

Vel. razdjelnika	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Duljina u mm	190	245	300	355	410	465	520	575	630	685	740
Sveukupna dimenzija u mm	307	362	417	472	527	582	637	692	747	802	857

Slika 29. Dimenzije razdjelnika s obzirom na broj krugova grijanja/hlađenja



Slika 30. Razvodni ormar [8]

REHAU razvodni ormar UP konstruiran je za podžbuknu montažu i koristi se u ovom diplomskom radu. On je izrađen od vruće pocinčanog čeličnog lima, može se podešavati po visini i dubini. Uklonjiva i podesiva prednja maska (110 - 160 mm) s preklopnim utičnim vilicama galvanski je pocinčana i premazana prahom RAL 9010. U prednjoj maski integrirana su prahom premazana utična vrata sa zakretnim zasunom. Bočne stijenke su po izboru s desne ili lijeve strane opremljene kliznim letvicama za polazni/povratni vod.

Tip ormara	1	2	3	4
Broj krugova grijanja	do 3 kruga grijanja	do 5 krugova grijanja	do 10 krugova grijanja	do 12 krugova grijanja
Visina ugradnje ormara [mm] ¹⁾	708	708	708	708
Ukupna širina ormara izvana [mm] „B”, bez prednje maske	489	574	874	1174
Ukupna širina ormara izvana [mm] „F”, s prednjom maskom	513	598	898	1198
Unutarnja mjera ormara [mm] „C”	449	534	834	1134
Ukupna dubina ormara ²⁾ izvana [mm]	80 - 130	80 - 130	80 - 130	80 - 130
Težina ormara [kg]	11,81	12,97	18,30	22,92

Slika 31. Veličine ormara i dimenzije za ugradbeni ormar (predviđeno za zidnu ugradnju / podžbuknu montažu) [8]

4.2. Proračun podnog grijanja/hlađenja prema HRN EN 1264

Nakon što se definirao proizvođač, promjer cijevi i potrebna temperatura polaza i povrata i ako su poznate sve površine prostorija, programski paket IntegraCAD proračunava petlje s pripadajućim toplinskim učinkom, padom tlaka, protokom medija i razmakom između cijevi.

U tablici 19. prikazani su rezultati proračuna podnog grijanja odnosno hlađenja po prostorijama. Sukladno normi HRN EN 1264-1, površinski sustavi se dimenzioniraju prema gubicima/opterećenju koji se računaju bez transmisijskih gubitaka na kojima je postavljen površinski sustav iz razloga što je temperatura tih ploha viša od temperature zraka u režimu grijanja odnosno niža u režimu hlađenja.

Tablica 10. Rezultati proračuna podnog grijanja/hlađenja po prostorijama

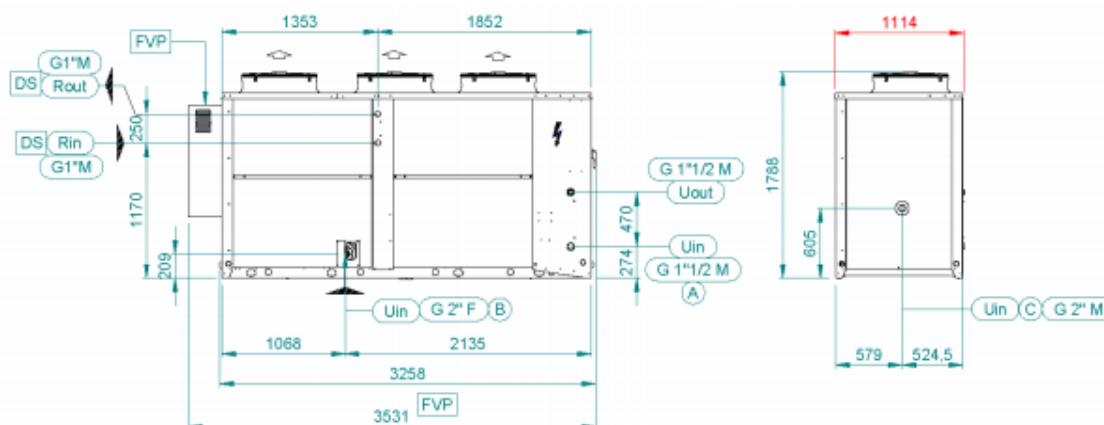
K0	PRIZEMLJE			
Prostorija	$\Phi_{HL,i}$ [W]	$\Phi_{inst,gr}$ [W]	$\Phi_{KR,i}$ [W]	$\Phi_{inst,hl}$ [W]
0001-POSL. PROSTOR	13096	11652	7332	9592
0002-Č. KUHINJA	334	222	255	155
0003-SANITARIJE	522	356	93	204
Ukupno: Prizemlje	14949	12230	7698	8305
K1	1. kat			
STAN 01	2283	3802	1860	2353
STAN 02	1777	2768	1264	1718
STAN 03	1719	2379	1179	1487
STAN 04	1958	2374	1482	1484
Ukupno: 1. kat	7737	11323	5785	7042
K2	2. kat			
STAN 05	1517	1919	1203	1094
STAN 06	1227	2076	1227	1206
STAN 07	1229	2076	1025	1206
STAN 08	2015	3202	1762	2061
Ukupno: 2.kat	5988	9273	5217	5567

K3	3. kat			
STAN 09	1274	2293	1319	1295
STAN 10	999	1328	1091	1125
STAN 11	1001	1746	1120	1063
STAN 12	2107	3158	2036	2083
Ukupno: 3.kat	5381	8525	5566	5566
K4	4. kat			
STAN 13	1526	2293	1350	1295
STAN 14	1228	1328	1123	1125
STAN 15	1229	1746	1144	1063
STAN 16	2493	3158	2174	2083
Ukupno: 4.kat	6476	8525	4668	5566
Ukupno zgrada:	40531	48258	30921	31026

Tablica 19. potvrđuje da je u svakoj prostoriji ukupni instalirani ogrjevn/rashladni učin podjednak ili veći od vrijednosti gubitaka odnosno opterećenja. Ukupan instalirani učin za grijanje iznosi 48 kW što je za 12% veće od ukupnog transmisijskog opterećenja. Ukupni instalirani učin za hlađenje iznosi 31 kW što je za 2% veće od ukupnih toplinskih gubitaka za zgradu. Razlog takve predimenzioniranosti za grijanje je zato što se i za grijanje i za hlađenje koriste iste petlje, sustav je dvocjevan, pa je optimalno rješenje ono koje zadovolji zahtjeve i za grijanjem i za hlađenjem.

5. ODABIR DIZALICE TOPLINE

Za pripremu ogrjevnog/rashladnog medija i PTV instalirati će se sustav s monoblok dizalicom topline BlueBox Zeta Rev HP XT 6.2 zrak-voda kompaktne izvedbe s integriranim hidrauličkim modulom. Dizalica topline namjenjena je za proizvodnju ogrjevnog/rashladnog medija u režimu grijanja odnosno 14/19 °C u režimu hlađenja, Instalirani kapacitet predviđene dizalice topline je 48/72,4 kW pri vanjskoj temperaturi -12,8/35 °C, a koristi radnu tvar R410A. Odabir dizalice topline izvršen je prema instaliranom ogrjevnom učinku koji iznosi 48 kW i za potrebe grijanja i pripreme PTV-a pri projektnoj temperaturi nema potrebe za korištenjem dodatnog elektro-grijača. Dizalica topline smještena je na otvorenom, u prizemlju uz istočno pročelje zgrade i opskrbljena je integriranim spremnikom ogrjevnog medija od 450 l, cirkulacijskom pumpom, ekspanzijskom posudom, osiguračem od nestanka vode, sigurnosnim ventilom i opremom, te komandnom upravljačkom jedinicom. Dizalica topline proizvodi buku kojom se osigurava da unutar prostora gdje borave ljudi buka ne prijeđe 45 dB.



Slika 32. Vanjske dimenzije odabrane dizalice topline

Regulacija dizalice topline vrši se modulom BlueThink koji ima sljedeće funkcije:

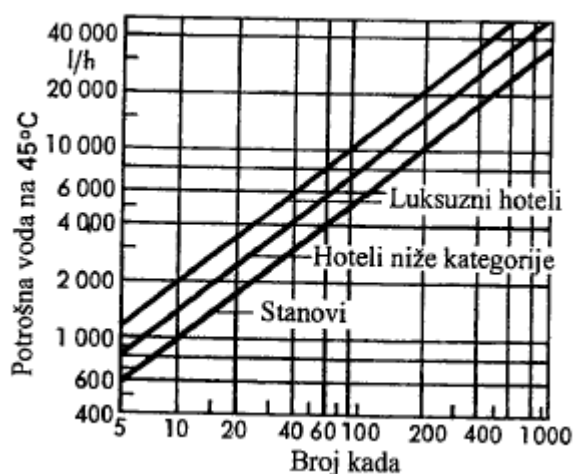
- kontrola temperature vode, s kontrolom temperature vode koja napušta izmjenjivač na strani korisnika
- zaštita od smrzavanja
- upravljanje kompresorom
- odabir ljeta/zima

Tablica 11. Specifikacija dizalice topline zrak-voda

Naziv	Zeta Rev HP XT LN
Serijska	6.2
Radna tvar	R410A
Rashladni učin	72,4 kW
Protok rashladnog medija – strana potrošača	3,45 l/s
Pad tlaka – strana potrošača	62 kPa
EER	3,38
Protok zraka	28000 m ³ /h
Ukupna snaga ventilatora	1,71 kW
Ogrjevnost	48 kW
Protok ogrjevnog medija – strana potrošača	1,96 l/s
Pad tlaka – strana potrošača	19 kPa
COP	3,03
Protok zraka	28000 m ³ /h
Vrsta kompresora	Scroll
Broj kompresora	2
Vrsta ventilatora	aksijalni
Broj ventilatora	3
Vrsta izmjenjivača topline	pločasti
Broj izmjenjivača topline	1
Broj pumpi	1
Snaga pumpe	0,8 kW
Volumen spremnika ogrjevnog medija	450 l
Električni priključak	230 V/ 400 V/50 ± 10%
Dužina	3258 mm
Visina	1788 mm
Širina	1114 mm
Težina	142 kg

6. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SPREMNIKA PTV-a

Količina potrebne potrošne tople vode ovisi o mnogo faktora. Za stanove potrebna količina ne zavisi samo o veličini stana i broja osoba, već i o životnom standardu, starosti osoba, godišnjeg doba i brojnih drugih parametara. Osim toga, podliježe velikim vremenskim promjenama. Subotom, eventualno i petkom, prilikom uobičajenog korištenja kupaone, koristi se približno 30% od ukupne tjedne količine potrošne vode. Na sljedećoj slici prikazane su maksimalne vrijednosti potrošnje tople vode u stanovima i hotelima u zavisnosti od broja kada za kupanje. Za tuševe potrošnja iznosi približno 25% od te vrijednosti.



Slika 33. Potrošnja tople vode u stanovima i hotelima u zavisnosti od broja kada za kupanje [17]

Za stambene prostore moguć je i pregled potrošnje prema vrsti izljevnog mjesta koja se bazira na podacima poput količine potrošnje u jednom korištenju, samoj temperaturi PTV-a i trajanja korištenja u minutama.

Potrošno mesto	Količina pri jednom uzimanju l	Temperatura t_w °C	Trajanje u min.
Ispusni ventili			
ND 10, poluotvoren	5	40	1
potpuno otvoren	10	40	1
ND 15, poluotvoren	10	40	1
potpuno otvoren	18	40	1
ND 20, poluotvoren	25	40	1
potpuno otvoren	45	40	1
Sudopere			
jednodelne	30	55	5
dvodelne	50	55	5
Umivaonici			
samo za pranje ruku	5	35	1,5
umivaonik	10	35	2
umivaonik, jednodelni	15	40	3
umivaonik, dvodelni	25	40	3
Kada za kupanje			
male (veličine 100)	100	40	15
srednje (veličine 160)	150	40	15
velike (veličine 180)	250	40	20
Tuširanje	50	40	6
Kada za sedenje	50	40	4
Bide	25	40	8
Ukupna potrošnja (60°C)			
manji zahtevi		10...20 l/dan, osobi	
veći zahtevi		20...40 l/dan, osobi	
najveći zahtevi		40...80 l/dan, osobi	

Slika 34. Potrebna količina tople vode u stanovima [17]

6.1. Dimenzioniranje spremnika PTV

Pri proračunu potrebne topline tokom jednog sata izuzetno je bitno poznavati potreban broj potrošnih mjesta koji se istovremeno koristi. Navedeno se opisuje faktorom istovremenosti. Ako npr. u jednoj stambenoj zgradi postoji 20 kupaona, naravno da se svih 20 ne koriste u isto vrijeme, već samo jedan dio. Faktor istovremenosti ϕ , koja je iskustvena vrijednost, za stanove ima približne vrijednosti koje se kreću između 0,25 i 1,15. U stanovima se maksimalna potreba za toplinom određuje na temelju broja kada ili tuševa, dok se ostale potrebe potrošnoj vodi za kuhinjske svrhe, umivanje itd., mogu zanemariti. Osim toga, treba uzeti u obzir način pripreme potrošne tople vode (akumulacijski ili potrošni sustav). U ovom radu koristiti će se akumulacijski sistem s bivalentnim spremnikom PTV-a.

6.1.1. Akumulacijski sustavi [17]

Maksimalno potrebna količina tople vode za predmetnu zgradu sa kupaoonama i kadama od 200 l računa se prema:

$$q_V = 200 \cdot n \cdot \varphi \text{ [l/h]} \quad (20)$$

- n - broj stanova
- φ - faktor istovremenosti

Faktor istovremenosti određen je prema broju stanova prema [17] koji je za slučaj premetne zgrade 16 i iznosi 0,44.

Prema navedenom, minimalna potrebna količina PTV iznosi 1408 l/h.

Maksimalno potrebna toplina pri temperaturi vode 40° C je:

$$\Phi_{PTV} = 7 \cdot n \cdot \varphi \text{ [kW]} \quad (21)$$

Nakon uvrštavanja prije određenih vrijednosti maksimalno potrebna toplina iznosi 50 kW, odnosno kada se uvede vrijeme zagrijavanja z_A koje iznosi 2 sata, potreban kapacitet kotla iznosi 25 kW.

6.1.2. Zapremina spremnika [17]

Minimalna zapremina spremnika u sustavu akumulacije za bilo koju količinu topline koju treba akumulirati računa se prema jednadžbi:

$$V_s = \frac{C}{c \cdot (t_0 - t_u)} \cdot b \text{ [l]} \quad (22)$$

C - kapacitet spremnika [kWh], za $z_B = z_A = 2$, $C = 50$ kWh

V_s - zapremina spremnika [l]

c - specifični toplinski kapacitet vode = $1,16 \cdot 10^{-3}$ [kWh/(l K)]

t_0 - najviša srednja temperatura vode u spremniku [° C]

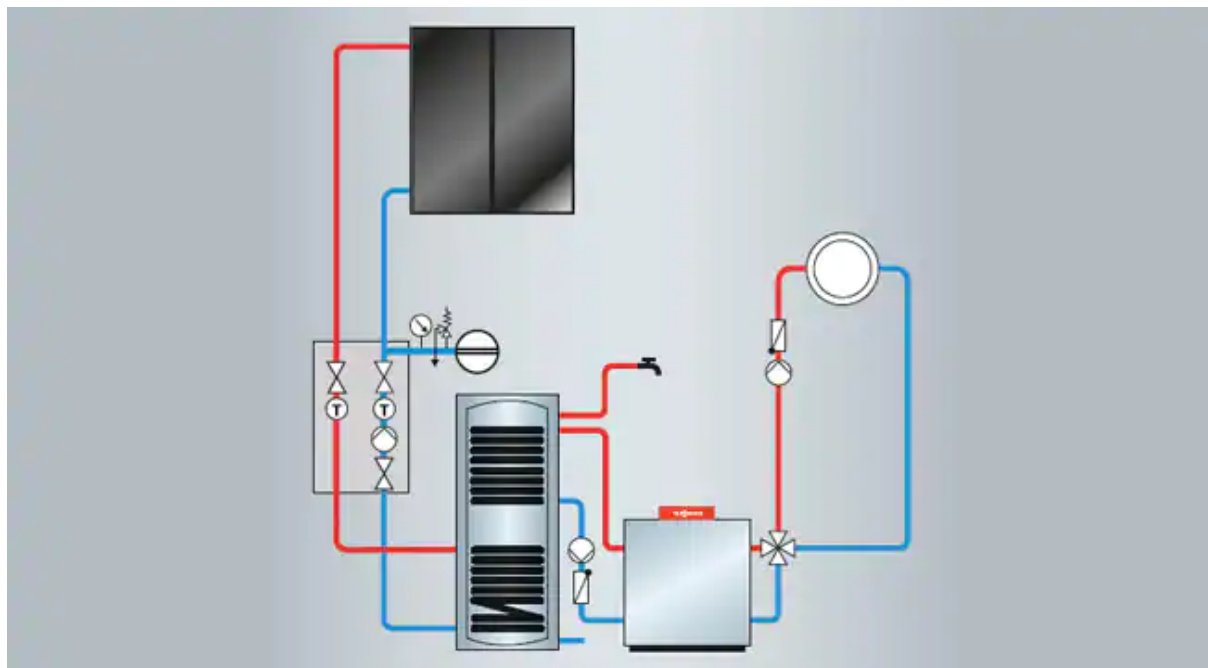
t_u - dozvoljena najniža temperatura vode u spremniku [° C]

b - faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine spremnika = 1,1-1,2

Pri slojevitom zagrijavanju, može se pretpostaviti da razlika najviše srednje i dozvoljenje najniže temperature iznosi 50 K, stoga minimalni volumen spremnika iznosi 1035 l, što dovodi do odabranog volumena spremnika PTV-a koji iznosi 1500 l.

6.2. Odabir spremnika PTV

Za zagrijavanje PTV-a služiti će dizalica topline i solarni kolektori. S obzirom na navedeno, odabran je bivalentni spremnik koji se zagrijava putem pločasti solarnih kolektora (donji izmjenjivač) uz podršku dizalice topline (gornji izmjenjivač). U spremniku se primarno priprema PTV putem solarnih kolektora smještenih na krovu građevine, te se po potrebi vrši dogrijavanje putem dizalice topline. Slika 33. predstavlja slično rješenje kakvo je predviđeno u ovom radu, relevantna je samo za način spajanja na bivalentni spremnik.



Slika 35. Prikaz spajanja bivalentnog spremnika PTV-a s izvorima topline [16]

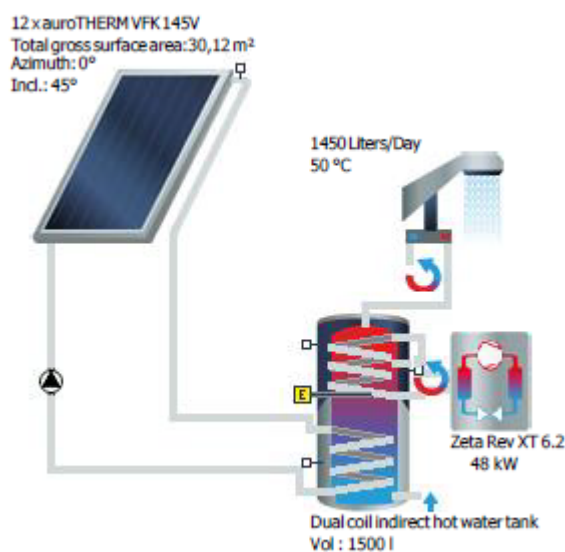
Odabran spremnik PTV je solarni spremnik topline serije DUO namjenjen za zagrijavanje sanitarne tople vode i spojen je sa sustavom grijanja i solarnom instalacijom. Unutrašnjost spremnika zaštićena je od elektrokorozije dvostrukim emajlom u skladu s DIN 4753 do 1000 lit. a od 1500 do 2000 lit. termostabilnim premazom. Spremnici za sanitarnu toplu vodu od 750 do 2000 lit. isporučuju se s elektro grijačem ZH (REL) snage 9kW. U tablici 12. prikazane su tehničke karakteristike odabranog spremnika.

Tablica 12. Tehničke karakteristike spremnika Duo

Volumen spremnika	1500 l
Visina spremnika s izolacijom (100 mm)	2575 mm
Promjer spremnika s izolacijom (100 mm)	1150
Maksimalna radna temperatura	95 °C
Maksimalni radni tlak	6 bar
Površina gornjeg izmjenjivača	3 m ²
Zapremina gornjeg izmjenjivača	19,8 l
Površina donjeg izmjenjivača	3,6 m ²
Zapremina donjeg izmjenjivača	23,7 l
Maksimalni radni tlak izmjenjivača	10 bar
Snaga integriranog elektro grijača	9 kW

7. DIMENZIONIRANJE I ODABIR SOLARNOG SUSTAVA

Za odabrani spremnik, odabrani tip kolektora i orijentaciju (jug), određen je broj kolektora kojim se osigurava određena količina PTV-a u kroz cijelu godinu, naravno, najveća količina će biti osigurana za vrijeme ljetnih mjeseci (lipanj, srpanj i kolovoz). Dimenzioniranje kolektora provedeno je u računalnom programu T-Sol. Također, mijenjanjem nagiba kolektora dobivena je najveća godišnja pokrivenost odnosno solarni godišnji stupanj pokrivanja. Odabrani su pločasti solarni kolektori proizvođača Vaillant, tip VFK 145 V. Solarni kolektori biti će povezani paralelno i smješteni na ravni krov zgrade.

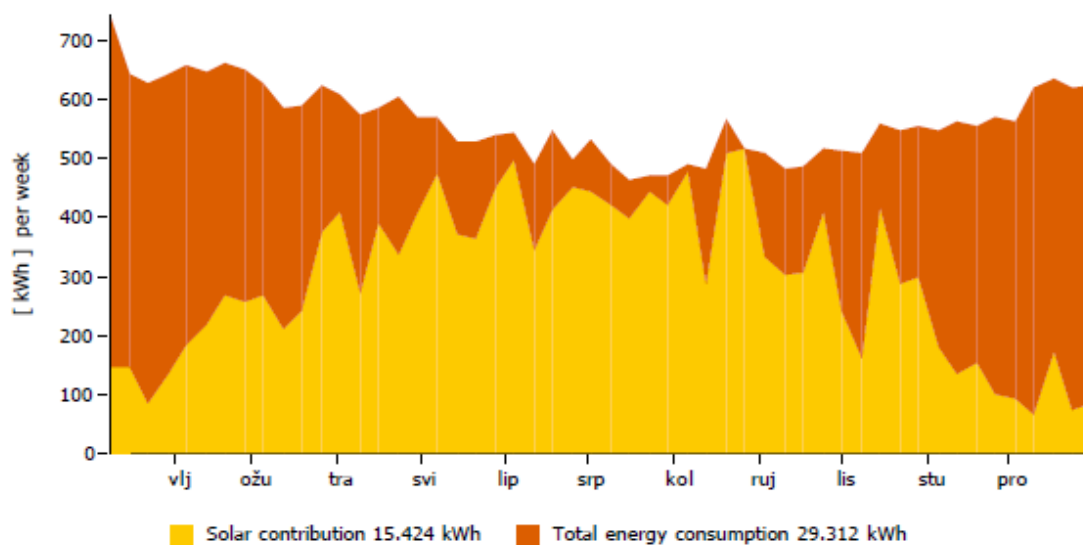


Slika 36. Prikaz komponenti i način spajanja na spremnik PTV-a

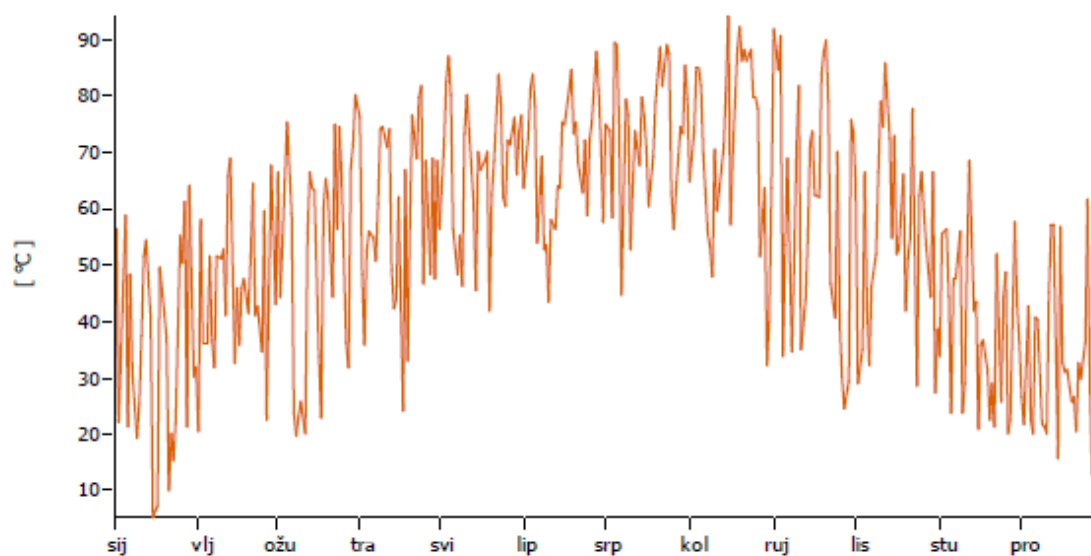
Nakon unosa potrebnih informacija za izračun, poput lokacije (Zagreb), volumena spremnika PTV-a (1500 l) i dnevne potrošnje PTV-a (1450 l/dan), toplinskog učina dizalice topline (48 kW) dobiveni su sljedeći podaci:

- $\Phi_{KR,nom}$ - potrebna toplota za zagrijavanje PTV-a na razini godine: 23,022 kWh/god
- $Q_{W,S}$ - udio topline za zagrijavanje PTV-a od solarnih kolektora: 15,424 kWh
- $Q_{W,DT}$ – udio topline za zagrijavanje PTV-a od dizalice topline: 13,888 kWh
- Solarni godišnji stupanj pokrivanja: 52,6 %
- t_s -temperatura tople vode u spremniku: 50°C
- Broj solarnih kolektora: 12
- Korisna površina solarnih kolektora: 28,22 m²
- A_{pk} – površina pojedinačnog kolektora: 2,35 m²
- orijentacija: jug

- nagib kolektora: 45°
- $W_{\text{col,aux}}$ – godišnja električna energija za pogon solarne pumpe: 666/ kWh/god



Slika 37. Prikaz udjela solarnih kolektora u ukupnoj potrošnji energije



Slika 38. Maksimalna dnevna temperatura kolektora

Sa slike 37. je vidljivo da solarni sustav ne pokriva ukupne potrebe za PTV-om, očekivano najveće pokrivanje je u svibnju, lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu. Maksimalna dnevna temperatura kolektora u ljetnim mjesecima varira između 40° i 90°C (slika 38.). U svim mjesecima postoji potreba za korištenjem dizalice topline za dogrijavanje PTV-a. S ukupno instaliranom površinom kolektora od $28,22 \text{ m}^2$ i bivalentnim spremnikom od 1500 l, ostvaruje se ukupna godišnja solarna pokrivenost od 52,6%.

7.1. Hidraulički proračun solarnog cjevovoda i odabir pumpe

Kako bi se u kolektorima ostvarila optimalna predaja topline, kroz njih postoji određeni protok solarne tekućine (smjese glikola 40% i vode 60%). Protok se prema određuje prema preporuci proizvođača.

Postoje 2 tipična režima:

- „high flow“ režim – 45 l/m²h
- „low flow“ režim – 25 l/m²h

„High flow“ režim najprikladniji je za manje objekte poput obiteljskih kuća dok je „low flow“ režim prikladniji za veće objekte. S obzirom na to da je predmetna zgrada u ovom diplomskom radu velikih gabarita, odabran je „low flow“ režim s protokom od 25 l/m²h.

Kako je korisna površina kolektora 28,2 m², protok iznosi 705 l/h. Pad tlaka po metru cijevi ne bi trebao prelaziti 1,5 mbar, a brzina strujanja solarne tekućine se ograničava na 0,5 m/s. Vrijednosti linijskih i lokalni padovi tlaka, pada tlaka na solarnom izmjenjivaču bivalentnog spremnika i pada tlaka na kolektorima očitane su iz dijagrama proizvođača u ovisnosti o protoku. Pad tlaka u solarnom krugu se sastoji od pada tlaka u cjevovodima, kolektorima i solarnom izmjenjivaču. U tablici prikazani su rezultati hidrauličkog proračuna solarnog kruga.

Tablica 13. Hidraulički proračun solarnog kruga

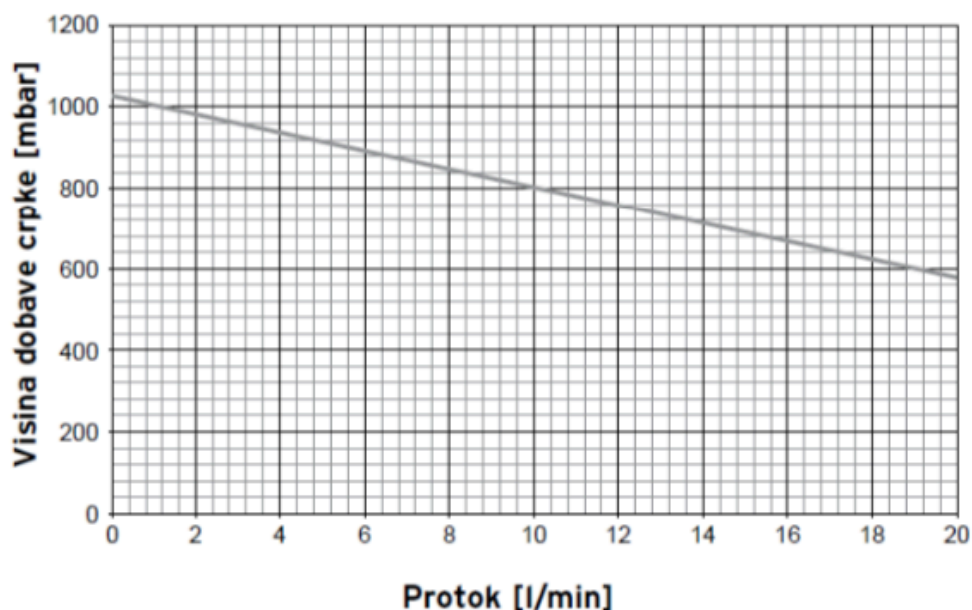
Dionica	L [m]	q _v [l/h]	DN [mm]	du [mm]	v [m/s]	R [Pa/m]	R*L [Pa]	Z [Pa]	R*L+Z [Pa]
1	50	705	30	25,0	0,40	100	5000	5000	12500
				Pad tlaka na solarnom izmjenjivaču:					3700
				Pad tlaka na kolektorima:					9800
							Ukupno:		26000

Ulazni podaci za odabir solarne pumpe su:

- protok od 11,75 l/min
- pad tlaka od 26000 Pa

Za cirkulaciju solarne tekućine u solarnom krugu odabire se solarna cijevna grupa proizvođača Vaillant, tip auroFLOW VMS 70. Solarna cijevna grupa se sastoji od frekventne cirkulacijske pumpe, slavina za punjenje/pražnjenje, slavine za odzračivanje, pokazivača protoka i temperature, nepovratnog ventila i sigurnosne grupe (sigurnosni ventil i priključak za ekspanzijsku posudu). Iz dijagrama (slika 39.) proizvođača za projektni protok solarnog

kruga od 11,75 l/min, cirkulacijska pumpa solarne grupe ima preostalu visinu dizanja od 76000 Pa čime može svladati hidrauličke otpore u solarnom krugu.



Slika 39. Preostala visina dizanja pume solarne cijevne grupe u ovisnosti o protoku [l]

7.2. Odabir ekspanzijske posude solarnog kruga

Na temelju preporuke proizvođača (slika 40.) može se odrediti zapremina ekspanzijske posude.

Broj kolektora VFK 145	Statička visina [m]								
	10			20			30		
	Ukupna duljina cjevovoda [m]								
	30	40	50	40	50	60	60	70	80
2	18	18	18	18	18	25	35	35	35
3	25	25	25	25	25	25	50	50	50
4	25	25	25	35	35	35	50	50	50
5	35	35	35	50	50	50	80	80	80
6	50	50	50	80	80	80	100	100	100
7	80	80	80	80	80	80	118	118	118
8	80	80	80	80	80	80	118	118	118
9	80	80	80	118	118	118	180	180	180
10	100	100	100	118	118	118	180	180	180
11	100	100	100	125	125	125	200	200	200
12	118	118	118	150	150	150	218	218	218
13	118	118	118	180	180	180	235	235	235
14	125	125	125	180	180	180	250	250	250

Slika 40. Tablica za odabir zapremine ekspanzijske posude ovisno o ukupnoj duljini cjevovoda i broju kolektora [l]

Za paralelni spoj od 12 kolektora i duljinu bakrenog cjevovoda od 50 m, odabrana je ekspanzijska posuda za solarne sustave proizvođača FLEXCON , tip TOP 140, volumena 140 l (slika 41.). Predviđena je i predspojna posuda od 20 l (Sonnenkraft: VSG20) čija je funkcija kompenziranje prodora solarne tekućine visoke temperature.



Slika 41. ekspanzijska posuda - FLEXCON TOP 140


8. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA I ODABIR PUMPE

Potrebno je pravilno dimenzioniranje cjevovoda i pumpe kako bi se ostvarila projektnom predviđena cirkulacija ogrjevnog/rashladnog medija i razdioba topline u pojedinom hidrauličkom krugu. Ulazni podaci na temelju kojih se odabire pumpa su protok i pad tlaka odnosno iz njega izvedena visina dobave. Projektni protok se određuje na temelju instaliranih učina. Taj podatak dobiven je projektiranjem petlji podnog grijanja/hlađenja u IntegraCAD-u. Pad tlaka se dobiva proračunom cjevovoda po dionicama za režim grijanja i za režim hlađenja. Prilikom hidrauličkog proračuna pretpostavlja se da ne postoje toplinski gubici u cjevovodu. Predviđeno je korištenje čeličnih cijevi u krugu zgrade. Ukupni pad tlaka u cjevovodu jednak je zbroju pada tlaka uslijed trenja (linijski pad tlaka) i lokalnih padova tlaka (pad tlaka na armaturi, ogrjevnim tijelima, izmjenjivačima, pri promjeni smjera strujanja...). Odabir dimenzija cijevi vršio se na način da izračunata vodena vrijednost ($q_m \cdot c_w$) zadovoljava linijske padove tlaka do 200 Pa/m za prostore gdje ne borave ljudi.

Dimenzioniranje pumpe se u oba slučaja vršilo na temelju odabira kritične dionice, one koja će imati najveći pad tlaka, sve polazi od hidrauličke skretnice smještene u strojarnici koja razdvaja polaz iz dizalice na dva zasebna kruga. U svakom krugu potrošača je jedna cirkulacijska pumpa koja omogućuje cirkulaciju ogrjevne/rashladne vode od dizalice topline do petlji podnog grijanja. Jedna pumpa je namijenjena za dobavu ogrjevnog/rashladnog medija do poslovnog prostora, dok je druga za stambene prostore. Proračun pada tlaka za svaki krug potrošača se radi na temelju veće vrijednosti između protoka u režimu grijanja i hlađenja.

8.1. Dimenzioniranje pumpe za stambeni prostor

Tablica 14. Proračun pada tlaka - kritična dionica stambenog prostora

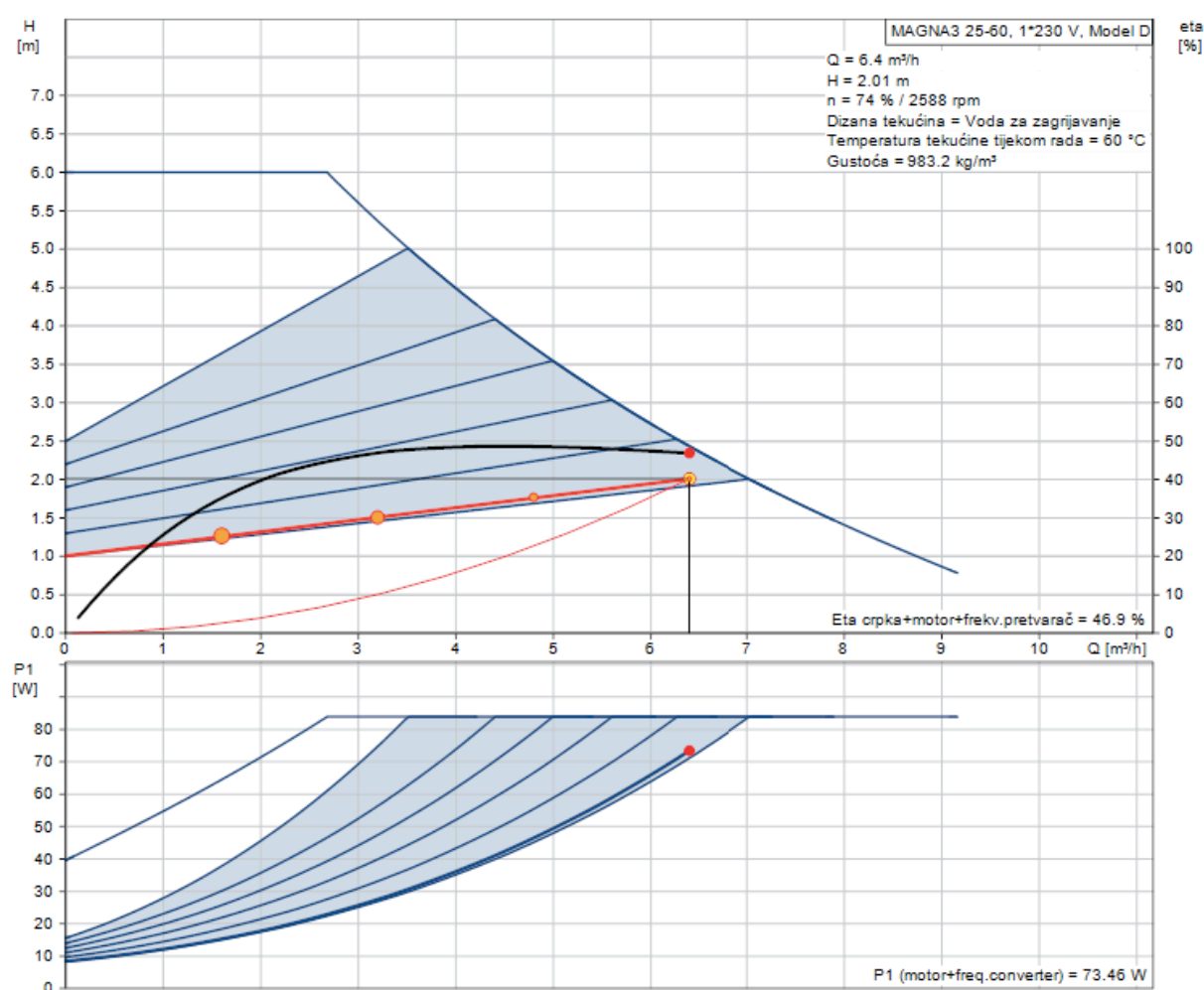
Dionica	L [m]	 [W]	$q_m \cdot c_w$ [W/°C]	q_m [kg/s]	DN [mm]	Du [mm]	V [m/s]	R [Pa/m]	$R \cdot L$ [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	$R \cdot L + Z$ [Pa]
1	24,2	36318	6053	1,78	50	51,5	0,75	110	2662	3	838	3500
2	17,34	26011	4335	1,31	50	51,5	0,55	60	1040	4	601	1642
3	15	17675	2946	0,92	40	39,5	0,6	110	1650	0,5	89	1740
4	25,4	9728	1621	0,54	32	35,75	0,42	60	1524	1,5	131	1656
5	0,5	7354	1225	0,43	32	32,75	0,32	36	18	0,5	26	44
6	11,7	4152	692	0,29	25	27	0,3	50	59	3	134	720
7	5,6	2076	346	0,15	25	27	0,15	14	78	1	12	90

								Petlja podnog grijanja:	10100
								Ukupno:	19590

Prema rezultatima proračuna, ulazni podaci potrebni za odabir pumpe stambenog prostora su:


- protok od $6,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- visina dizanja od $2,01 \text{ m}$

Putem web aplikacije proizvođača Grundfos izvršen je odabir pumpe stambenog prostora, odabrana je pumpa tipa MAGNA3 25-60. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe prikazan je na slici 42..



Slika 42. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe stambenog prostora Grundfos, tip MAGNA3 25-60

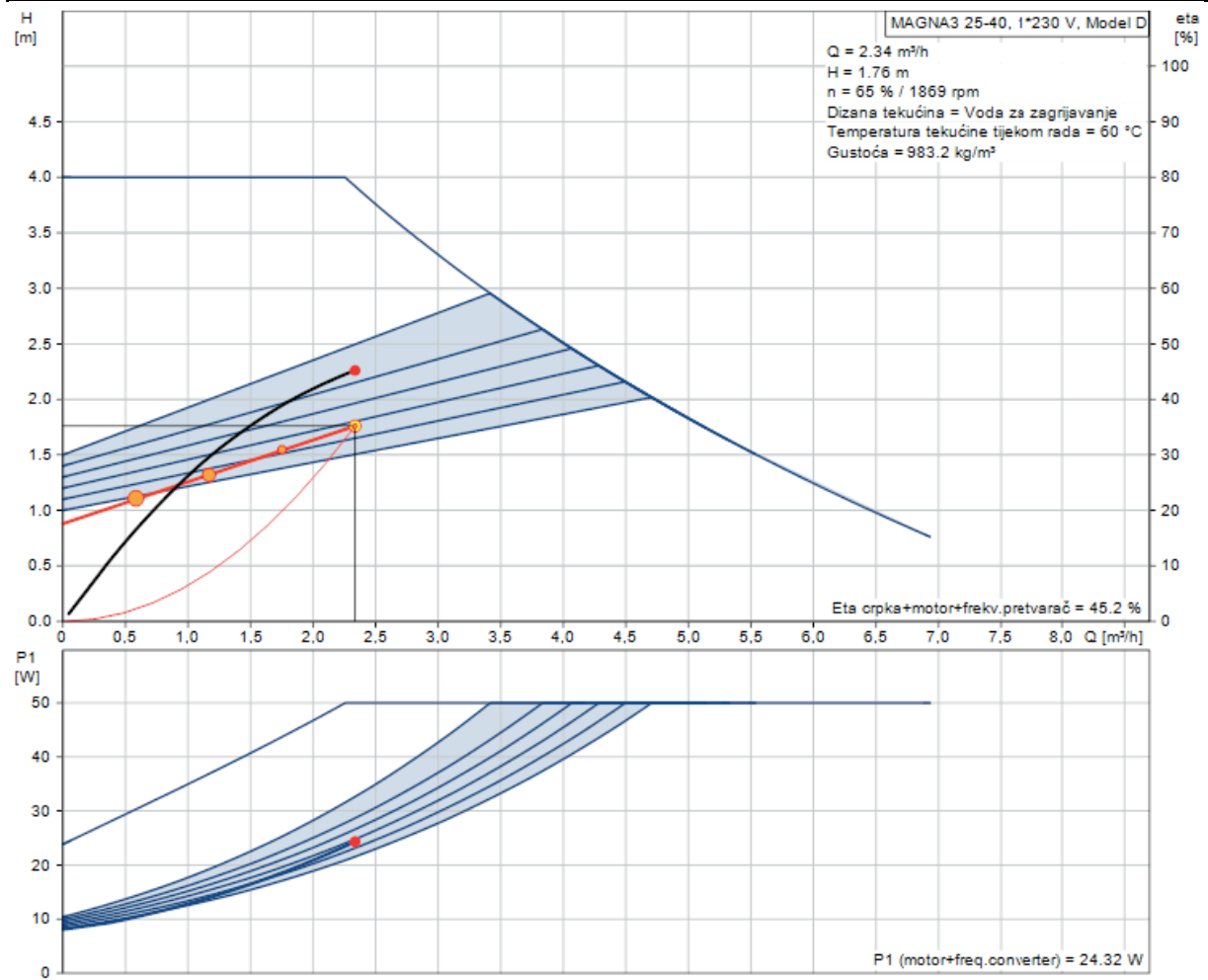
8.2. Dimenzioniranje pumpe za poslovni prostor**Tablica 15. Proračun pada tlaka - kritična dionica poslovnog prostora**

Dionica	L [m]	 [W]	q_m^* c_w [W/° C]	q_m [kg/s]	DN [mm]	Du [mm]	V [m/s]	R [Pa/m]	R^* L [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R^*L+Z [Pa]
1	11	11282	1880	0,62	50	51,5	0,22	12	132	5	120	252
2	13, 8	6217	1036	0,33	32	32,7 5	0,28	30	414	1,5	59	473
								Petlja podnog grijanja:				16400
										Ukupno:		17125

Prema rezultatima proračuna. ulazni podaci potrebni za odabir pumpe stambenog prostora su:

- protok od 2,34 m³/h
- visina dizanja od 1,76 m

Putem web aplikacije proizvođača Grundfos izvršen je odabir pumpe stambenog prostora, odabrana je pumpa tipa MAGNA3 25-40. Prikaz radne točne cirkulacijske pumpe prikazan je na slici 43..



Slika 43. Prikaz radne točke cirkulacijske pumpe poslovnog prostora Grundfos, tip MAGNA3 25-40

9. DIMENZIONIRANJE I ODABIR EKSPANZIJSKOG SUSTAVA

Ekspanzijska membranska posuda je zapravo posuda pod tlakom u kojoj stlačeni plin od ogrjevnog/rashladnog medija odvojen elastičnom membranom i služi za podešavanje minimalnog tlaka kao i za sprječavanje prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog pretlaka. Kako bi se tlak u sustavu grijanja/hlađenja održao unutar zadanih granica, potrebno je dimenzionirati i odabrati ekspanzijsku posudu. Prilikom promjene temperature ogrjevnog/rashladnog medija dolazi do promjene volumena te se ekspanzijska posuda također koristi kako bi se ta promjena volumena kompenzirala. Prilikom dimenzioniranja se u obzir uzima i dodatni volumen ogrjevnog/rashladnog medija koji omogućuje pokrivanje manjka medija tijekom pogona sustava. U ovom radu korištena je zatvorena membranska ekspanzijska posuda. Postavlja se u strojarnici te se preko jedne cijevi spaja na povratni vod. Također, na spojnu cijev ekspanzijske posude se postavlja i sigurnosni ventil. Odabrana dizalica topline ima tvornički predviđen priključak za spojnu cijev s ekspanzijskom posudom i sigurnosnim ventilom. Sigurnosni ventil služi za zaštitu sustavu u slučaju prekoračenja najvećeg dozvoljenog radnog tlaka. Odabire se sigurnosni ventil s nazivnim tlakom otvaranja od 3 bar, dimenzije DN20. U nastavku je prikazan proračun ekspanzijske membranske posude. [18]

Minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude se računa prema sljedećim izrazima:

$$V_{n,min} = (V_e + V_V) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} \quad [l] \quad (23)$$

$$V_e = \frac{n \cdot V_A}{100} \quad [l] \quad (24)$$

- $V_{n,min}$ - minimalni volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude [l]
- V_e - volumen širenja vode izazvan povišenjem temperature vode od 10°C najveće temperature polaznog voda dizalice topline od 75°C [l]
- V_V - dodatni volumen, uzima se kao manja vrijednost od 0,5% volumena vode u sustav i minimalnog volumena od 3l [l]
- p_e - projektni krajnji tlak povezan s točkom otvaranja sigurnosnog ventila (kod sustava koji rade pri tlakovima manjim od 5 bar se procjenjuje na 0,5 bar ispod nazivnog tlaka otvaranja sigurnosnog ventila) [bar]
- p_0 - primarni tlak ekspanzijske posude (1,5 bar za sustave visine 10-15 m) [bar]

- n - postotak širenja vode prilikom zagrijavanja s 10°C na 75°C [%]
- V_A - volumen vode u sustavu [l]

U tablici 15. prikazani su ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude.

Tablica 16. Ulazni podaci i rezultati proračuna ekspanzijske posude

Dizalica topline	15	1
Međuspremnik	450	1
Cjevovodi	126	1
Razdjelnik/sabirnik	18	1
Petlje podnog grijanja	845	1
V_A	1454	1
n	2,56	%
V_e	37,22	1
V_V	7,27	1
p_e	2,5	bar
p_0	1,5	bar
$V_{n,min}$	155	l

S obzirom na minimalni potrební volumen zatvorene membranske ekspanzijske posude od 155 l, odabire se ekspanzijska posuda IMERA RV200, volumena 200 l (prikazana na slici 44.). Posuda se montira na pod strojarнице.



Slika 44. Ekspanzijska posuda IMERA RV200

10. DIMENZIONIRANJE I ODABIR VENTILACIJSKOG SUSTAVA

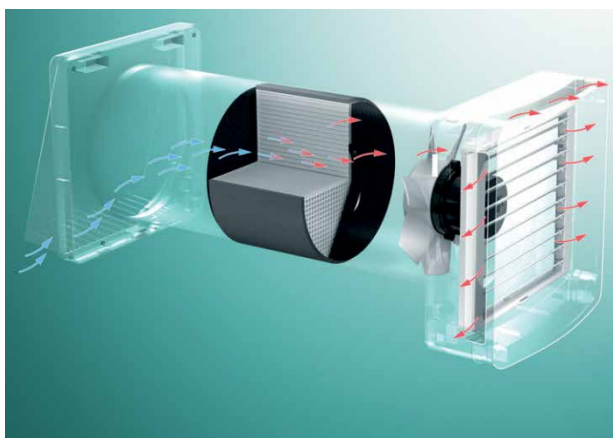
Kako bi se mogao odabrati ventilacijski sustav potrebno je odrediti potreban protok zraka koji treba dovoditi odnosno odvoditi iz prostorije. Kako se u zgradi nalaze prostori bez posebnih ventilacijskih zahtjeva, potreban protok se određuje prema preporučenim vrijednostima protoka zraka po osobi. Usvaja se vrijednost od 40 m³/h po osobi. [18]

Proračun ventilacijskih zahtjeva prema broju osobi se vrši prema sljedećem izrazu:

$$\dot{V}_o = \dot{V}_{o,p} \cdot N \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (25)$$

- \dot{V}_o - volumni protok vanjskog zraka [m³/h]
- $\dot{V}_{o,p}$ - volumni protok vanjskog zraka po osobi [m³/h]
- N - pretpostavljeni broj osoba u prostoriji [-]

U ovom diplomskom radu predviđeno je da se kvaliteta zraka u prostorijama održava sustavom lokalne mehaničke ventilacije s povratom topline iz istrošenog zraka. U svim prostorijama stambenog prostora (osim kupaona i WC-a) predviđa se ugradnja lokalnih ventilacijskih uređaja proizvođača Vaillant recoVAIR VAR 60/1 D. Decentralizirani automatski sustav ventilacije kompaktno je i prihvatljivo rješenje za ventilaciju. Ove se jedinice mogu koristiti za ventilaciju pojedinih prostora ili kombinacijom više jedinica za kompletne objekte u kojima borave ljudi. Kako bi se ovo postiglo potrebno je ugraditi jednu ili više jedinica u svakoj prostoriji ovisno o njenoj veličini i namjeni. Jedinice se postavljaju direktno na vanjski zid te nije potrebno korištenje ventilacijskih kanala ni cijevi.



Slika 45. Vaillant recoVAIR VAR 60 [19]

RecoVAIR VAR 60/1D jedinice opremljene su jednim ventilatorom i keramičkim izmjenjivačem topline s mogućnošću kratkotrajne pohrane toplinske energije. Jedinice rade alternativnim načinom rada. Drugim riječima, motor ventilatora okreće smjer vrtnje svakih 70 sekundi kako bi promijenio tok strujanja zraka. Kada jedinica radi u načinu odvođenja otpadnog zraka, izmjenjivač topline pohranjuje toplinsku energiju sadržanu u tom otpadnom zraku. Nakon 70 sekundi, jedinica se prebacuje u dovođenje svježeg zraka. Tada se prethodno pohranjena toplina predaje hladnom i svježem usisanom zraku te predaje u prostor objekta. [19]

	VAR 60/1 D
Protok zraka	30/45/60 m ³ /h
Potrošnja el. energije	4.9 ... 8.9 W
Specifična potrošnja el. energije	0.3 W/(m ³ /h)
Snaga zvuka (buka)	33.8 ... 45.8 dB(A)
Snaga zvuka (buka) na udaljenosti od 1 m	25.8 ... 37.7 dB(A)
Učinkovitost povrata topline	85%
Klasa filtera	2 x G3
Frekvencija	-
Izlazna snaga	-
Težina	1.5 kg
Vanjska temperatura zraka*	-20 ... 50 °C
Vanjska vlažnost zraka*	0 ... 100 %

Tehnički podaci - Priključak el. energije

	VAR 60/1 D
Ulazni napon	220 ... 240 V _{AC}
Frekvencija	50 Hz
Maksimalno strujno opterećenje	38.6 mA
Stupanj zaštite	IPX4

Slika 46. Tehnički podaci – recoVAIR 60/1D [19]

S obzirom na to da u kupaoionicama i WC-ima nije moguće ugraditi ventilacijske uređaje iz razloga što predmetne prostorije ne graniče s vanjskim prostorom, predviđena je ventilacija s odsisnim ventilatorima kako bi prostorije bile u podtlaku čime se onemogućuje širenje mirisa. Odabiru se zidni ventilatori proizvođača LUNOS, tip Silvento 3AP (slika 47.). Odabrani odsisni ventilatori će putem ventilacijske vertikale PVC Ø 160 mm izbacivati zrak. Ventilacijska vertikala završava na krovu te ima zaštitnu krovu kapu. Dimenzija ventilacijske vertikale je odabrana prema priključnoj dimenziji na odsisnom ventilatoru. Nadoknada zraka u prostoriju predviđena je postavljanjem prestrujne rešetke na dnu vrata.



Slika 47. Odsisni ventilator LUNOS, tip Silvento 3AP [20]

Za poslovni prostor također je predviđeno tretiranje s lokalnim sustavom ventilacije. S obzirom na veliku površinu ugradnja recoVAIR VAR 60/1D uređaja nije prikladna pa je odabrano rješenje uređaj marke VENTS, tip. DVUT PB EC (slika 48.) nazivnog protoka $300 \text{ m}^3/\text{h}$. U poslovnom prostoru predviđeno je da će se stalno zadržavati 10 osoba što po jednadžbi 25. iznosi $400 \text{ m}^3/\text{h}$ pa je za poslovni prostor odabrano rješenje s dva takva uređaja. DVUT PB EC montira se na strop.



Slika 48. VENTS DVUT PB EC

Tablica 17. Prikaz ventiliranih prostorija po etažama

Kat	Oznaka prostorije	N	$\dot{V}_{o,p}$ [m ³ /h]	\dot{V}_o [m ³ /h]
Prizemlje	Poslovni prostor	10	40	400
Ukupno: prizemlje:				400
1. kat	Stan 01	4	40	160
	Stan 02	4	40	160
	Stan 03	4	40	160
	Stan 04	4	40	160
Ukupno 1. kat				640
2. kat	Stan 05	3	40	120
	Stan 06	2	40	80
	Stan 07	2	40	80
	Stan 08	3	40	120
Ukupno 2. kat				400
3. kat	Stan 09	3	40	120
	Stan 10	2	40	80
	Stan 11	2	40	80
	Stan 12	3	40	120
Ukupno 3. kat				400
4. kat	Stan 13	3	40	120
	Stan 14	2	40	80
	Stan 15	2	40	80
	Stan 16	3	40	120
Ukupno 4. kat				400
Ukupno zgrada				2240

11. TEHNIČKI OPIS TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA I REGULACIJE

Stambeno-poslovna zgrada, ukupne korisne površine 1200 m², se nalazi na području Zagreba te se sastoji od ukupno sedam etaža. Negrijani/nehlađeni prostor zgrade čini etaža podruma, u kojoj se nalazi garaža i strojarnica, dok su ostale etaže grijanje i hlađene. U etaži prizemlja smješten je poslovni prostor, na prvom, drugom, trećem i četvrtom katu smješten je stambeni prostor.

Projektni toplinski gubici zgrade prema normi HRN EN 12831 iznose 45 kW dok toplinsko opterećenje zgrade prema smjernici VDI 2078 iznosi 30 kW. U zgradi je predviđen sustav centralnog toplovodnog grijanja odnosno hlađenja s dizalicom topline zrak-voda kao izvorom ogrjevnog/rashladnog učina. Kao ogrjevna/rashladna tijela su u prostorijama predviđene petlje podnog grijanja. Priprema PTV-a je predviđena putem akumulacijskog bivalentnog spremnika sa solarnim kolektorima uz podršku dizalice topline. Za potrebe održavanja odgovarajuće kvalitete zraka u prostorijama, predviđen je sustav lokalne prisilne ventilacije s povratom topline. U kupaoonama i WC-ima predviđeni su odsisni zidni ventilatori.

11.1. Grijanje i hlađenje

Kao izvor toplinskog i rashladnog učina koristi se dizalica topline zrak-voda proizvođača BlueBox, tip ZETA REV HP XT 6.2, nazivnog toplinskog učina 50 kW. Dizalica topline koristi radnu tvar R410a te je smještena uz istočno pročelje zgrade.

U dizalici topline ugrađen je hidraulički blok s međuspremnikom ogrjevnog/rashladnog vode nazivnog volumena 450l. Osim akumulacije toplinske energije, svrha međuspremnika je da smanjuje učestalost uključivanja kompresora i osigurava najmanji potrebni protok dizalice topline. Cirkulaciju vode od dizalice topline do hidrauličke skretnice i spremnika PTV-a omogućuje cirkulacijska frekventna pumpa koja je tvornički ugrađena u dizalicu topline. Nakon hidrauličke skretnice u razdjelniku/sabirniku odvajaju se dvije grupe potrošača (stambeni i poslovni dio). U svakom krugu potrošača je jedna cirkulacijska pumpa koja omogućuje cirkulaciju ogrjevnog/rashladnog vode do petlje podnog grijanja/hlađenja. Ugrađene su frekventne cirkulacijske pumpe Grundfos, tip MAGNA3 25-40 za krug poslovnog prostora odnosno Grundfos, tip MAGNA3 25-80 180 za krug stambenog prostora. U svakom krugu potrošača je ispred cirkulacijske pumpe ugrađen troputni mješajući ventil koji služi za postizanje projektne temperature polaza podnog grijanja. Cijevni razvod od strojarnice do pojedinih etaža vođen je s pet vertikala, jedna je od poslovnog prostora dok preostalih četiri pripada stambenim prostorima.

U prostorijama su kao ogrjevnica odnosno rashladna tijela postavljene petlje podnog grijanja. Predviđen je površinski podni sustav proizvođača REHAU u mokroj izvedbi, s PE-Xa cijevima dimenzija Ø17x2. Sustav postavljanja podnog grijanja je sustav s čepovima. Ukupni instalirani ogrjevni učin podnog grijanja iznosi 47 kW za temperaturni režim ogrjevnice vode 36/30°C dok je ukupni instalirani učin u režimu hlađenja 30 kW za temperaturni režim rashladne vode 14/19°C. Cijevi polaza odnosno povrata petlje se spajaju na modularni razdjelnik i sabirnik podnog grijanja proizvođača REHAU, tip HKV-D koji se pomoću montažnog seta smješta u podžbukni razdjelni ormarić proizvođača REHAU, tip UP. U etaži prizemlja za poslovni prostor su predviđena dva razdjelna ormarića s modularnim radjelnikom/sabirnikom (19 petlji) dok je na ostalim etažama koje pripadaju stambenom prostoru predviđen jedan razdjelni ormarić po svakom stanu s modularnim radjelnikom/sabirnikom podnog grijanja (1. kat – 23 petlje, 2. kat – 19 petlji, 3. kat – 18 petlji, 4. kat – 18 petlji). Razdjelnici su opremljeni ventilima s priključcima za termopogone koji se povezuju sa sobnim termostatima dok su sabirnici opremljeni s indikatorima protoka. Sustav je opremljen svom potrebnom zapornom i odzračnom armaturom te sigurnosnim ventilom DN20, nazivnog tlaka otvaranja 3 bar. Za održavanje tlaka u sustavu predviđena je zatvorena membranska ekspanzijska posuda proizvođača IMERA RV200, volumena 200 l. Posuda se montira na povratni vod sustava u strojarnici. Na spojnu cijev ekspanzijske posude se postavlja sigurnosni ventil.

Sustav radi u režimu grijanja i režimu hlađenja. Odabrana dizalica topline je opremljena osjetnicima koji prate sve potrebne veličine procesa, presostatima visokog i niskog tlaka radne tvari te osjetnicima tlaka kruga zgrade. Prekretni troputni ventil u povratnoj cijevi preusmjerava vodu iz kruga grijanja prema bivalentnom spremniku PTV-a za režim zagrijavanja PTV-a.

Regulacija krugova potrošača unutar zidnog ormarića u režimu grijanja i hlađenja predviđena je korištenjem regulacije podnog grijanja proizvođača REHAU, RAUMATIC HC. Predviđa se korištenje zasebne regulacije podnog grijanja za svaku vlasničku cijelinu. Regulacija podnog grijanja se sastoji od digitalnih sobnih termostata, kontrolera, termopogona za regulacijske ventile i korisničkog sučelja. Sve komponente regulacijskog sustava su povezane žično. Kontroleri se žično povezuju s centralnom regulacijom dizalice topline BlueThink. Digitalni sobni termostati su opremljeni osjetnicima temperature i vlage kao i osjetnicima temperature poda. Temperatura zraka u prostorijama se regulira promjenom protoka u petljama podnog grijanja/hlađenja zatvaranjem ili otvaranjem ventila. Razdjelnici podnog grijanja su opremljeni ventilima na koje su postavljeni termopogoni odnosno tropoložajni aktuatori. Tropoložajni aktuatori su zapravo vrsta dvopoložajne regulacije sa sporim odzivom. Kada se stvarna

temperatura zraka u prostoriji spusti ispod postavne temperature, sobni termostati šalju signal u RAUMATIC HC koji tada počinju otvaranje ventila u petljama podnog grijanja predmetne prostorije. Kada se se postigne vrijednost postavne temperature, ventil se zaustavlja u zatečenom položaju. Ventili počinju sa zatvaranjem kada stvarna temperatura u prostoriji postane viša od postavne temperature. U režimu hlađenja, zaštita od kondenzacije vlage je omogućena stalnim mjerenjem temperature zraka, relativne vlažnosti zraka i površinske temperature poda. Trajno zatvaranje petlji podnog grijanja u kupaonicama za režim hlađenja omogućeno je na korisničkom sučelju.

Dizalica topline je opremljena centralnom regulacijom BlueThink vođenom prema vanjskim uvjetima. Na temelju vanjske temperature, koja se mjeri putem vanjskog osjetnika smještenog na istočnom pročelju zgrade, regulacija određuje temperaturu polaznog voda dizalice topline. Snižavanjem vanjske temperature, regulacija povišuje temperaturu polaznog voda dok se s povišenjem vanjske temperature, temperatura polaznog voda dizalice topline snižava. Radom kompresora dizalice topline upravljaju dva osjetnika temperature. Jedan osjetnik je smješten u međuspremniku dok se drugi nalazi u spremniku PTV-a. Kompresor se uključuje kada temperatura u međuspremniku snizi ispod postavljene temperature polaznog voda kruga potrošača. Kompresor se isključuje kada temperatura u spremniku postane jednaka postavljenoj temperaturi polaznog voda kruga potrošača ili kada je temperatura PTV-a unutar zadanih granica. Polaznu temperaturu krugova potrošača zgrade regulira hidraulički modul. Hidraulički modul TRS20 upravlja cirkulacijskim pumpama krugova potrošača, troputnim mješajućim ventilima, osjetnikom temperature polaznog voda kruga potrošača i osjetnikom granične polazne temperature. Postizanje projektnih temperatura polaznog voda kruga potrošača u režimu grijanja odnosno hlađenja, omogućavaju troputni mješajući ventili. Hidraulički modul TRS20 se povezuje s centralnom BlueThink regulacijom.

11.2. Priprema PTV-a

Za zagrijavanje PTV-a koristi se akumulacijski sustav s bivalentnim spremnikom DUO 1500, nazivnog volumena 1500 l, koji ima dva izmjenjivača topline. Donji izmjenjivač se koristi za zagrijavanje PTV-a putem pločastih solarnih kolektora proizvođača Vaillant, tip auroTHERM VFK 145, koji su smješteni na ravnom krovu zgrade, orijentirani južno pod nagibom od 40°. Za paralelni spoj od 12 kolektora i duljinu bakrenog cjevovoda od 50 m, odabrana je ekspanzijska posuda za solarne sustave proizvođača FLEXCON, tip TOP 140, volumena 140

I. Predviđena je i predspojna posuda od 20 l (Sonnenkraft: VSG20) čija je funkcija kompenziranje prodora tekućine solarnog kruga visoke temperature.

Gornji izmjenjivač se koristi za dogrijavanje dizalicom topline. Cjevovodi solarnog kruga su od bakrenih cijevi, toplinski izolirani izolacijom debljine 30 mm. Cirkulaciju tekućine unutar solarnog kruga omogućuje solarna pumpna grupa proizvođača Vaillant, tip auroFLOW VMS 70. Ta grupa sastoji se od frekventne cirkulacijske pumpe, slavine za punjenje/pražnjenje, slavine za odzračivanje, pokazivača protoka i temperature, nepovratnog ventila i sigurnosnog ventila. Solarni sustav je dimenzioniran na način da pokriva 55% godišnje potrebne energije za zagrijavanje PTV. Temperatura PTV-a unutar spremnika je 60°C dok se na izljevnim mjestima putem termomješajućeg ventila osigurava topla voda temperature 40°C.

Za regulaciju sustava pripreme PTV-a također se koristi hidraulički modul TRS 20, koji se spaja s centralnom regulacijom dizalice topline BlueThink. TRS20 upravlja cirkulacijskom pumpom solarne pumpne grupe pomoću dva osjetnika temperature od kojih je jedan smješten u donjem dijelu spremnika PTV-a, a drugi u polaznom vodu iz solarnih kolektora. Kada je razlika temperature veća od postavljene vrijednosti od 7°C, regulator uključuje cirkulacijsku pumpu. Cirkulacijska pumpa se isključuje kada se razlika temperature smanji ispod postavljene vrijednosti od 3°C. Kada sunčeva energija nije dovoljna za postizanje odgovarajuće temperature u spremniku, za dogrijavanje se koristi dizalica topline. Dogrijavanje ovisi o vrijednosti temperature gornjeg dijela bivalentnog spremnika, koju pokazuje temperaturni osjetnik povezan s centralnom regulacijom dizalice topline. Zaštita od legionele je predviđena ugradnjom elektrogrijača ZH (REL) snage 9 kW kojom upravlja BB2 i s obzirom na velike gabarite spremnika PTV-a predviđen je dodatni recirkulacijski vod koji zagrijava vodu koja se nakuplja na vrhu spremnika dobavlja u donji dio spremnika kako bi temperatura po visini bila uniformna.

11.3. Ventilacija

Za održavanje odgovarajuće kvalitete zraka u prostorijama je predviđen sustav lokalne mehaničke ventilacije s povratom energije iz istrošenog zraka. Potrebni protoci zraka po prostorijama su određeni na temelju preporučenih vrijednosti protoka zraka po osobi te ukupni potrební protok za zgradu iznosi 2240 m³/h. U stambenim prostorima ugrađuju se kompaktni lokalni ventilacijski uređaji proizvođača Vaillant, recoVAIR VAR 60/1 D, nazivnog kapaciteta 45 m³/h (za 2. brzinu vrtnje ventilatora). Uređaji su opremljeni aksijalnim trobrzinskim ventilatorima. Mjenjanjem smjera vrtnje reverzibilnih ventilatora u naizmjeničnim intervalima

od 70 s, omogućuje se povrat topline akumulirane u keramičko-kompozitnoj jezgri po regenerativnom principu. Za poslovni prostor također je predviđeno tretiranje s lokalnim sustavom ventilacije. S obzirom na veliku površinu ugradnja recoVAIR VAR 60/1D uređaja nije prikladna pa je odabrano rješenje uređaj marke VENTS, tip. DVUT PB EC nazivnog protoka $300 \text{ m}^3/\text{h}$. U poslovnom prostoru predviđeno je da će se stalno zadržavati 10 osoba što po iznosi $400 \text{ m}^3/\text{h}$ pa je za poslovni prostor odabrano rješenje s dva takva uređaja. DVUT PB EC montira se na strop.

Regulacija ventilacijskih uređaja predviđena je spajanjem na lokalni regulator, po jedan u svakom stanu i poslovnom prostoru. Lokalni regulator omogućuje programiranje dnevnog režima korištenja kao i određivanje brzine vrtnje ventilatora po želji. Vrata između prostorija je potrebno skratiti na donjem bridu kako bi se omogućilo nesmetano strujanje zraka čak i kada su vrata zatvorena.

U kupaonama i WC-ima predviđena je lokalna odsisna ventilacija. Odabrani su zidni trobrzinski ventilatori proizvođača LUNOS, tip Silvento 3AP, nazivne dobave $60 \text{ m}^3/\text{h}$ (za 2. brzinu vrtnje ventilatora). Odsisni ventilatori odvođe zrak iz prostorija putem ventilacijskih vertikala PVC Ø 100 mm koje završavaju na krovu zgrade. Na vrata prostorija s odsisnim ventilatorima predviđeno je da se ugrade prestrujne rešetke na dnu vrata. Odsisni ventilatori počinju s radom pri paljenju rasvjete u prostoriji dok se isključuju dvije minute nakon što se rasvjeta ugasi.

11.4. Mjerenje potrošnje energije i vode

Za mjerenje potrošnje hladne i tople sanitarne vode predviđeno je postavljanje protokomjera na glavni vod tople odnosno hladne vode za svaku vlasničku cijelinu.

Mjerenje potrošnje toplinske energije predviđeno je na način da se postave kalorimetri na svaki krug potrošača nakon razdjelnika/sabirnika ispred vlasničke cjeline, očitavanje će biti omogućeno preko okna u ormariću zaštićeno staklom. Kalorimetri će biti smješteni u hodnicima zgrade i neometano će im se moći pristupiti radi očitavanja. Troškovi električne energije za grijanje/hlađenje će se raspodijeliti se na temelju udjela toplinske energije za grijanje/hlađenje pojedine vlasničke cijeline u ukupnoj potrošnji toplinske energije (grijanje/hlađenje + PTV).

12. ZAKLJUČAK

Prilikom izrade projektnog rješenja sustava poštivani su svi važeći zakoni, tehnički pravilnici i norme. Prilikom odabira komponenti sustava vodila se briga o optimalnom dimenzioniranju tehničke opreme kako bi se omogućilo postizanje odgovarajuće toplinske ugodnosti unutar zgrade uz istovremenu funkcionalnost sustava i visoku energetska učinkovitost. Sustavi grijanja/hlađenja s dizalicom topline i solarnim kolektorima kao obnovljivim izvorima energije, pridonose smanjenju emisije stakleničkih plinova i potrošnje primarne energije. Projektirani solarni sustav pripreme potrošne tople vode na razini godine podmiruje 55% energetskih potreba za zagrijavanje tople vode iz obnovljive energije Sunca. S obzirom na način rada dizalice topline, navedeni sustavi su izrazito pogodni za korištenje niskotemperaturnih režima grijanja odnosno visokotemperaturnih režima hlađenja kojima se značajno smanjuju gubici i povećava korisnost cijelog sustava uz visoku razinu toplinske ugodnosti. Općenito, sustavi s obnovljivim izvorima energije imaju visoke investicijske troškove, ali značajno manje pogonske troškove u odnosu na konvecionalne sustave. Također, ovim radom je predviđeno korištenje cirkulacijskih pumpi s frekventnom regulacijom koja se prilagođuje promjenama opterećenja u sustavu te time ostvaruje značajne uštede u potrošnji električne energije. S obzirom na način gradnje modernih niskoenergetskih zgrada i nisku zrakopropusnost ovojnice, korištenje ventilacije s povratom topline iz iskorištenog zraka je optimalan način osiguravanja visoke kvalitete zraka na energetski učinkovit način. Sustavi koji su projektirani ovim radom tijekom pogona ostvaruju značajne energetske, ekološke i ekonomske uštede u odnosu na konvecionalne sustave i smanjivanjem investicijskih troškova u bližoj budućnosti, uslijed sve većeg broja proizvođača na tržištu, ovakva rješenja trebala bi biti sve češće primjenjivana.

LITERATURA

- [1] <https://www.ctc-heating.com/blog/how-an-air-to-water-heat-pump-works>
- [2] <http://www.horvatic.hr/proizvodi/solarni-kolektori/plocasti-kolektori>
- [3] <http://www.horvatic.hr/proizvodi/solarni-kolektori/vakuumski-kolektori>
- [4] PIPELIFE: Sustav podnog grijanja, Zagreb, 2007.
- [5] Sustavi grijanja u zgradarstvu - metoda proračuna toplinskog opterećenja prema EN 12831
- [6] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije, Zagreb 2014.
- [7] VDI 2078
- [8] REHAU: Površinsko grijanje i hlađenje, Zagreb 2015.
- [9] <http://agria.hr/grijanje/grijanje-cijevni-sustavi-grijanje-i-voda-pe-x-114>
- [10] Pérez-Lombard L, Ortiz, J, Pout, C, A review on buildings energy consumption information, Energy Buildings 2008; 40: 394–398
- [11] Hoyt T, Arens E, Zhang H, Extending air temperature setpoints: simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings, Building and Environment 2015; 88: 89–96.
- [12] Ioannou A, Itard L, In-situ and real time measurements of thermal comfort and its determinants in thirty residential dwellings in the Netherlands, Energy and Buildings 2017; 487 – 506.
- [13] Kalmár T, Kalmár F, Comfort and energy analysis of heating up, International Review of Applied Sciences and Engineering 2010; 1: 35–43.
- [14] V. Soldo, Podloge za kolegij Dozalice topline, Zagreb 2017.
- [15] Blue Box Group: Katalog proizvoda, Zagreb 2019.
- [16] <https://www.viessmann.hr/hr/stambene-zgrade/koji-sustav-grijanja/toplinski-solarni-sistem.html>
- [17] Recknagel: Grijanje i klimatizacija
- [18] Balen, I.: Podloge za predavanje iz kolegija "Grijanje" i "Klimatizacija", Zagreb
- [19] <https://www.vaillant.hr/downloads/pli/201809-tehnicki-list-recovair-var-60-preview4-1335046.pdf>
- [20] www.lunos.hr
- [21] Fraunhofer ISE: Heat pump efficiency – Analysis and evaluation of heat pump efficiency in real-life conditions, Freiburg, 2011

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija
- III. Prilog A – Toplinska bilanca
- IV. Prilog B – Bilanca hlađenja

Projekt: DIPLOMSKI - STRAPAJEVIĆ

PRILOG A - Toplinska bilanca

K1 PRIZEMLJE											
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P1	0001-POSL. PROSTOR	316	20	13941	5786	4677	3478	14652	14652	711	46
P3	0002-HODNIK	2	20	152	81	41	30	163	163	11	58
P4	0003-Č. KUHINJA	4	20	467	218	200	49	435	435	- 32	96
P5	0004-SANITARIJE	9	20	800	280	117	103	780	780	- 20	82
	Ukupno: PRIZEMLJE			14949	6365	4924	3660	16030	16030	670	
K3 1. KAT											
S1 Stan											
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P1	1011-SP	10	20	305	177	128	0	338	338	33	33
P2	1012-BLAGOVAONA	23	20	546	249	297	0	660	660	114	28
P3	1013-ULAZ	4	20	113	57	56	0	123	123	10	27
P4	1014-Kupaona1	4	24	247	37	210	0	168	168	- 79	34
P5	1015-Kupaona2	6	24	365	95	270	0	336	336	- 29	53
P6	1016-UL. PR.	6	20	142	59	83	0	160	160	18	24
P7	1017-Kuhinja	18	20	992	271	721	0	1124	1124	132	59
P8	1018-SP2	10	20	374	239	135	0	416	416	42	39
	Ukupno: Stan			3084	1184	1900	0	3325	3325	241	
S2 Stan											
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P9	1021-Blagovaona	30	20	542	151	391	0	652	652	110	21
P10	1022-Kupaona	5	24	389	159	230	0	256	256	- 133	48
P11	1023-SP1	10	20	248	113	135	0	278	278	30	26
P12	1024-SP2	8	20	213	110	103	0	238	238	25	29
P13	1025-SP3	10	20	253	125	128	0	282	282	29	28
P14	1026-GARD.	5	20	155	80	75	0	174	174	19	29
P26	2027-UL. P. NA KATU?	3	20	130	87	43	0	0	0	- 130	0
	Ukupno: Stan			1930	825	1105	0	1880	1880	- 50	
S3 Stan											
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)

(W)											
(W)											
P15	1031-Blagovaona	30	20	747	356	391	0	837	837	90	27
P16	1032-Kupaona	5	24	288	58	230	0	256	256	- 32	48
P17	1033-SP1	10	20	245	117	128	0	276	276	31	27
P18	1034-SP2	8	20	248	143	105	0	273	273	25	33
P19	1035-SP3	8	20	215	112	103	0	238	238	23	29
P27	2036-UL. P. NA KATU	3	20	109	66	43	0	119	119	10	34
P32	SP	1	20	20	0	20	0	0	0	- 20	0
Ukupno: Stan				1872	852	1020	0	1999	1999	127	
S4 Stan											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P20	1041-Blagovaona	31	20	892	497	395	0	1000	1000	108	32
P21	1042-Kupaona	5	24	287	57	230	0	256	256	- 31	48
P22	1043-SP	1	20	39	19	20	0	0	0	- 39	0
P23	1044-SP1	10	20	306	178	128	0	341	341	35	34
P24	1045-SP2	8	20	280	176	104	0	313	313	33	38
P25	1046-SP3	8	20	211	107	104	0	235	235	24	28
P29	2047-UL. P. NA KATU	3	20	96	53	43	0	0	0	- 96	0
Ukupno: Stan				2111	1087	1024	0	2145	2145	34	
Ukupno: 1. KAT				7737	3948	3789	0	9349	9349	352	
K4 Kat 2											
S1 Stan 05											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P1	2051-Hodnik	8	20	173	68	105	0	195	195	22	23
P2	2052-Blagovaona	24	20	647	332	315	0	720	720	73	29
P3	2053-SP1	7	20	206	117	89	0	230	230	24	32
P4	2054-SP2	9	20	296	177	119	0	330	330	34	35
P5	2055-Kupaona	5	24	360	112	248	0	284	284	- 76	49
Ukupno: Stan 05				1682	806	876	0	1759	1759	77	
S2 Stan 06											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P6	2061-UL. P.	2	20	101	64	37	0	109	109	8	37
P7	2062-Kupaona	4	24	253	71	182	0	182	182	- 71	43
P8	2063-Blagovaona	19	20	549	298	251	0	614	614	65	31
P9	2064-SP	12	20	350	193	157	0	391	391	41	31
P10	2065-Kuhinja	4	20	213	36	177	0	238	238	25	51

				1466	662	804	0	1534	1534	68	
S3	Stan 07										
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P11	2071-UL. P.	2	20	101	64	37	0	109	109	8	37
P12	2072-Kupaona	4	24	255	73	182	0	182	182	- 73	43
P13	2073- Blagovaona	19	20	549	298	251	0	614	614	65	31
P14	2074-SP	12	20	350	193	157	0	391	391	41	31
P15	2075-Kuhinja	4	20	213	36	177	0	237	237	24	51
	Ukupno: Stan 07			1468	664	804	0	1533	1533	65	
S4	Stan 08										
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P16	2081-UL. P.	6	20	335	248	87	0	377	377	42	55
P17	2082-Kupaona	4	24	225	40	185	0	182	182	- 43	42
P18	2083-Kuhinja	8	20	464	127	337	0	527	527	63	59
P19	2084- Blagovaona	21	20	536	266	270	0	604	604	68	28
P20	2085-SP1	11	20	444	301	143	0	495	495	51	44
P21	2086-SP2	17	20	359	141	218	0	413	413	54	24
	Ukupno: Stan 08			2363	1123	1240	0	2598	2598	235	
	Ukupno: Kat 2			5988	3255	2733	0	7424	7424	445	
K5	Kat 3										
S1	STAN 09										
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P1	3091-Hodnik	5	20	161	90	71	0	174	174	13	31
P2	3092-SP1	6	20	179	92	87	0	201	201	22	29
P3	3093-SP2	9	20	287	167	120	0	321	321	34	34
P4	3094- Blagovaona	21	20	491	216	275	0	559	559	68	25
P5	3095-Kupaona	5	24	301	84	217	0	235	235	- 66	46
	Ukupno: STAN 09			1419	649	770	0	1490	1490	71	
S2	STAN 10										
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P6	3101- Blagovaona	23	20	509	210	299	0	583	583	74	24
P7	3102-SP	11	20	241	98	143	0	274	274	33	24
P8	3103-UL. P.	3	20	94	49	45	0	102	102	8	29
P9	3104-Kupaona	5	24	322	72	250	0	369	369	47	64
	Ukupno: STAN 10			1166	429	737	0	1328	1328	162	
S3	STAN 11										

P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P10	3111- Blagovaona	23	20	509	210	299	0	583	583	74	24
P11	3112-SP	11	20	241	98	143	0	274	274	33	24
P12	3113-UL. P.	3	20	94	49	45	0	102	102	8	29
P13	3114-Kupaona	5	24	324	74	250	0	289	289	- 35	50
	Ukupno: STAN 11			1168	431	737	0	1248	1248	80	

S4 STAN 12											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P14	3121-Hodnik	6	20	245	168	77	0	269	269	24	44
P15	3122-Kupaona	6	24	354	59	295	0	356	356	2	52
P16	3123-SP2	14	20	393	212	181	0	439	439	46	30
P17	3124-SP1	9	20	488	368	120	0	553	553	65	58
P18	3125- Blagovaona	31	20	803	398	405	0	897	897	94	28
P19	3126-WC	1	20	63	0	63	0	0	0	- 63	0
	Ukupno: STAN 12			2346	1205	1141	0	2514	2514	168	
	Ukupno: Kat 3			5381	2714	2667	0	6580	6580	481	

K6 Kat 4											
S1 STAN 13											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P1	4131-Hodnik	5	20	189	118	71	0	205	205	16	36
P2	4132-SP1	6	20	214	127	87	0	240	240	26	35
P3	4133-SP2	9	20	335	215	120	0	373	373	38	39
P4	4134- Blagovaona	21	20	601	326	275	0	672	672	71	31
P5	4135-Kupaona	5	24	334	113	221	0	242	242	- 92	47
	Ukupno: STAN 13			1673	899	774	0	1732	1732	59	

S2 STAN 14											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)
P6	4141- Blagovaona	23	20	629	330	299	0	704	704	75	30
P7	4142-SP	11	20	298	155	143	0	333	333	35	29
P8	4143-UL. P.	3	20	112	67	45	0	121	121	9	34
P9	4144-Kupaona	5	24	356	106	250	0	289	289	- 67	50
	Ukupno: STAN 14			1395	658	737	0	1447	1447	52	

S3 STAN 15											
P	Prostorija	A (m ²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W) (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m ² (W)

P10	4151- Blagovaona	23	20	629	330	299	0	704	704	75	30
P11	4152-SP	11	20	298	155	143	0	333	333	35	29
P12	4153-UL. P.	3	20	112	67	45	0	121	121	9	34
P13	4154-Kupaona	5	24	357	107	250	0	289	289	- 68	50
	Ukupno: STAN 15			1396	659	737	0	1447	1447	51	
S4	STAN 16										
P	Prostorija	A (m²)	tu (°C)	Qn (W)	PhiT (W)	PhiV (W)	Phi RH (W)	Qi(pod) (W)	Qinst (W)	Qost (W)	Qinst/m² (W)
P14	4161-Hodnik	6	20	276	199	77	0	309	309	33	51
P15	4162-Kupaona	6	24	412	117	295	0	356	356	- 56	52
P16	4163-SP2	14	20	466	285	181	0	519	519	53	36
P17	4164-SP1	9	20	536	416	120	0	612	612	76	65
P18	4165- Blagovaona	31	20	971	566	405	0	1084	1084	113	34
P19	4166-WC	1	20	71	8	63	0	0	0	- 71	0
	Ukupno: STAN 16			2732	1591	1141	0	2880	2880	148	
	Ukupno: Kat 4			6476	3807	2669	0	7506	7506	310	
	Ukupno:			40531	20090	20461	0	46889	46889	2258	

PRILOG B - Bilanca hlađenja

K1 PRIZEMLJE									
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P1	0001-POSL. PROSTOR	7332		7458	- 126	7458	0	0	101
P3	0002-HODNIK	18		95	- 77	95	0	0	527
P4	0003-Č. KUHINJA	255		235	20	235	0	0	92
P5	0004-SANITARIJE	93		425	- 332	425	0	0	456
	Ukupno: PRIZEMLJE	7698		8213	- 515	8213	0	0	

K3 1. KAT									
S1 Stan									
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P1	1011-SP	484		257	227	257	0	0	53
P2	1012-BLAGOVAONA	741		634	107	634	0	0	85
P3	1013-ULAZ	48		113	- 65	113	0	0	235
P4	1014-Kupaona1	0		126	- 126	126	0	0	0
P5	1015-Kupaona2	0		253	- 253	253	0	0	0
P6	1016-UL. PR.	40		167	- 127	167	0	0	417
P7	1017-Kuhinja	380		637	- 257	637	0	0	167
P8	1018-SP2	167		271	- 104	271	0	0	162
	Ukupno: Stan	1860		2458	- 598	2458	0	0	

S2 Stan									
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P9	1021-Blagovaona	1114		634	480	634	0	0	56
P10	1022-Kupaona	0		192	- 192	192	0	0	0
P11	1023-SP1	117		272	- 155	272	0	0	232
P12	1024-SP2	111		208	- 97	208	0	0	187
P13	1025-SP3	119		257	- 138	257	0	0	215
P14	1026-GARD.	73		151	- 78	151	0	0	206
P26	2027-UL. P. NA KATU?	19		0	19	0	0	0	0
	Ukupno: Stan	1553		1714	- 161	1714	0	0	

S3 Stan									
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P15	1031-Blagovaona	1104		634	470	634	0	0	57
P16	1032-Kupaona	0		192	- 192	192	0	0	0
P17	1033-SP1	114		257	- 143	257	0	0	225
P18	1034-SP2	111		210	- 99	210	0	0	189
P19	1035-SP3	111		208	- 97	208	0	0	187
P27	2036-UL. P. NA KATU	131		87	44	87	0	0	66
P32	SP	5		0	5	0	0	0	0
	Ukupno: Stan	1576		1588	- 12	1588	0	0	

S4 Stan

P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P20	1041-Blagovaona	1114		640	474	640	0	0	57
P21	1042-Kupaona	0		192	- 192	192	0	0	0
P22	1043-SP	5		0	5	0	0	0	0
P23	1044-SP1	110		257	- 147	257	0	0	233
P24	1045-SP2	229		209	20	209	0	0	91
P25	1046-SP3	204		209	- 5	209	0	0	102
P29	2047-UL. P. NA KATU	21		0	21	0	0	0	0
	Ukupno: Stan	1683		1507	176	1507	0	0	
	Ukupno: 1. KAT	6672		7267	- 595	7267	0	0	

K4 Kat 2

S1 Stan 05

P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P1	2051-Hodnik	66		210	- 144	210	0	0	318
P2	2052-Blagovaon	893		510	383	510	0	0	57
P3	2053-SP1	184		180	4	180	0	0	97
P4	2054-SP2	305		240	65	240	0	0	78
P5	2055-Kupaona	0		213	- 213	213	0	0	0
	Ukupno: Stan 0	1448		1353	95	1353	0	0	

S2 Stan 06

P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P6	2061-UL. P.	62		75	- 13	75	0	0	120
P7	2062-Kupaona	0		136	- 136	136	0	0	0
P8	2063-Blagovaon	549		475	74	475	0	0	86
P9	2064-SP	565		316	249	316	0	0	55
P10	2065-Kuhinja	268		135	133	135	0	0	50
	Ukupno: Stan 0	1444		1137	307	1137	0	0	

S3 Stan 07

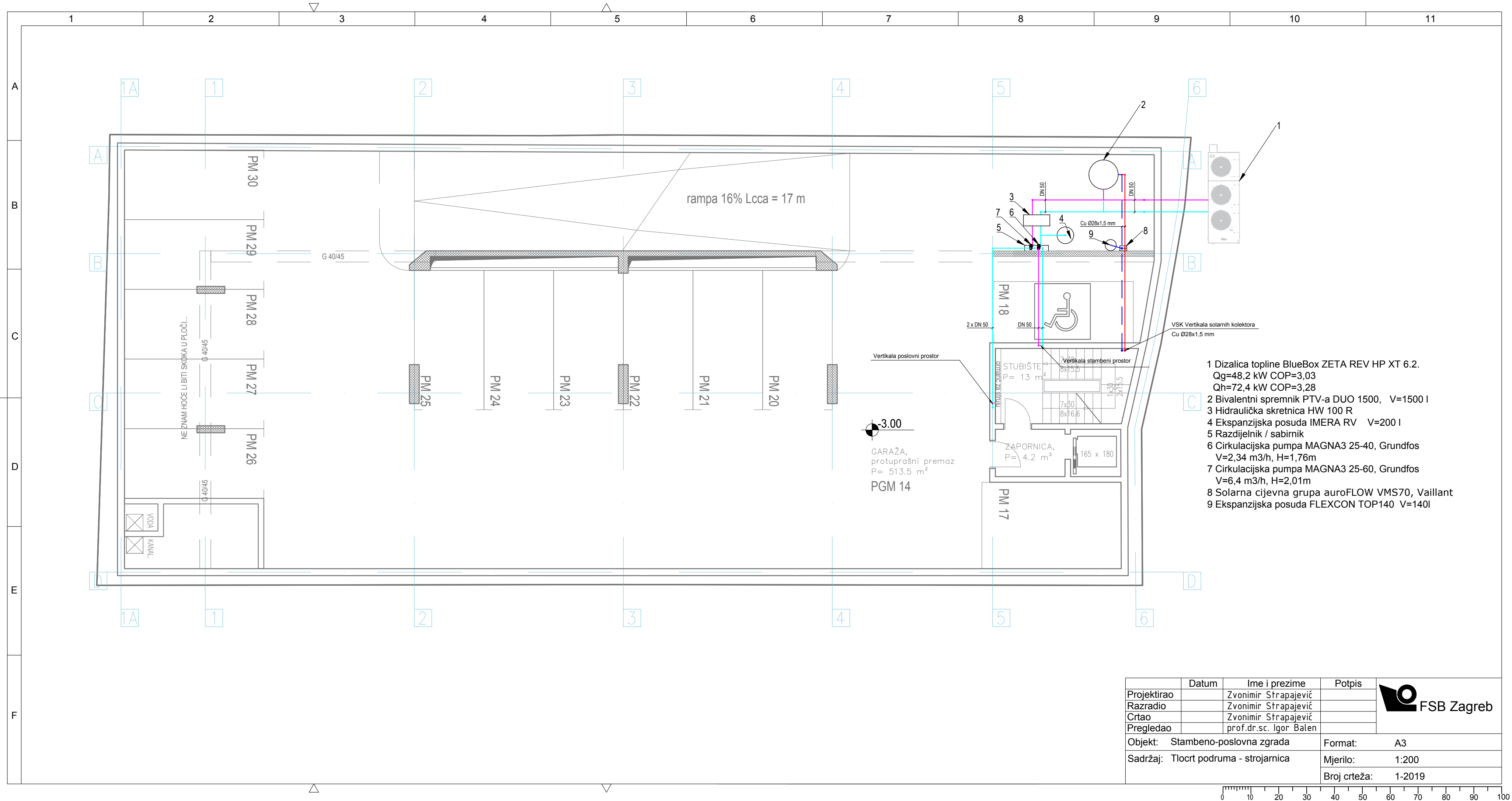
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P11	2071-UL. P.	41		75	- 34	75	0	0	182
P12	2072-Kupaona	0		136	- 136	136	0	0	0
P13	2073-Blagovaon	368		475	- 107	475	0	0	129
P14	2074-SP	565		316	249	316	0	0	55
P15	2075-Kuhinja	279		135	144	135	0	0	48
	Ukupno: Stan 0	1253		1137	116	1137	0	0	

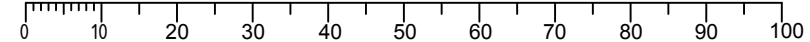
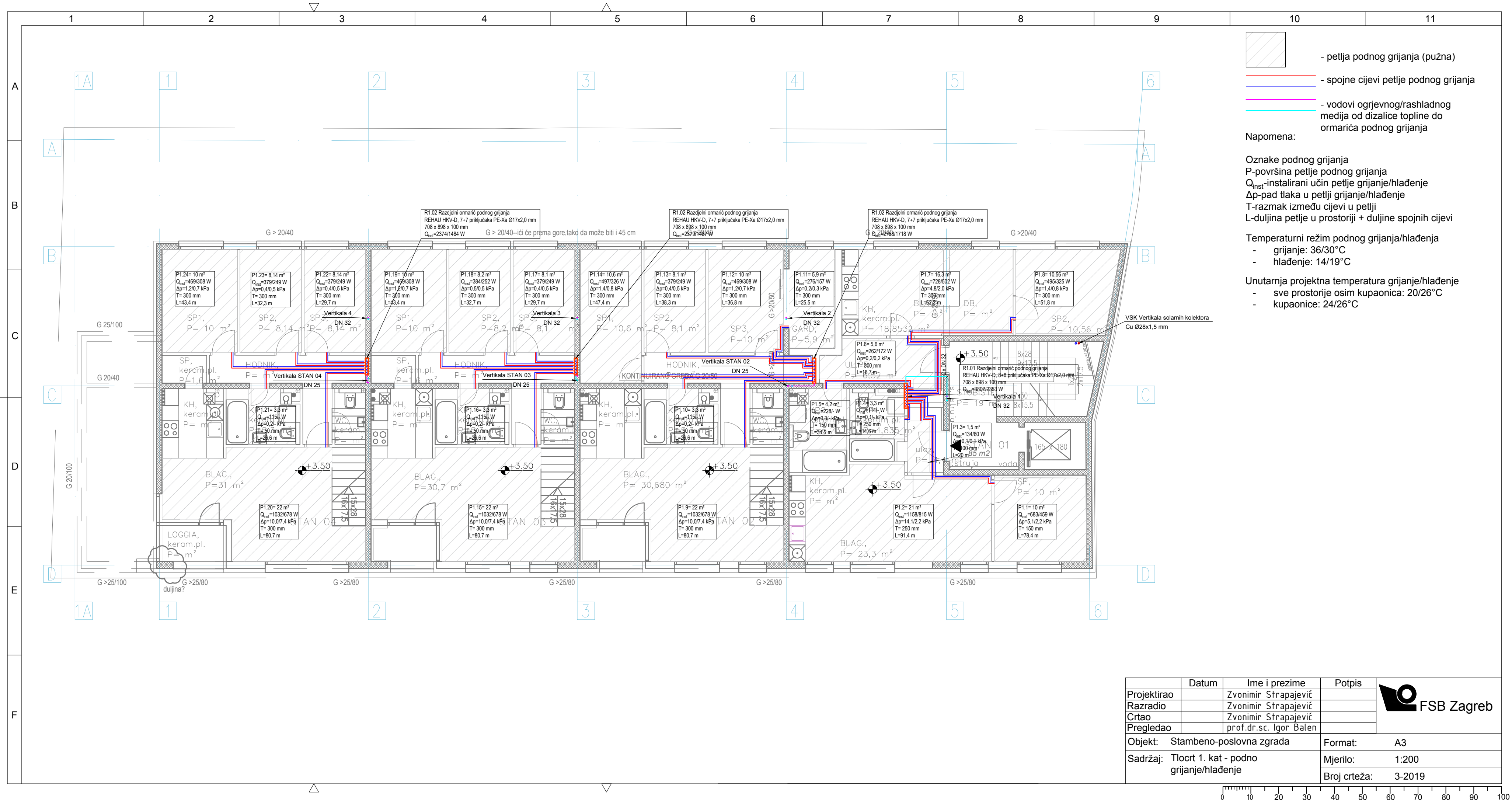
S4 Stan 08

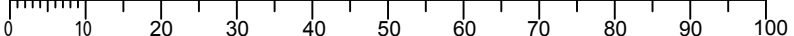
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P16	2081-UL. P.	145		230	- 85	230	0	0	158
P17	2082-Kupaona	0		136	- 136	136	0	0	0
P18	2083-Kuhinja	274		297	- 23	297	0	0	108
P19	2084-Blagovaon	560		510	50	510	0	0	91
P20	2085-SP1	358		287	71	287	0	0	80
P21	2086-SP2	425		440	- 15	440	0	0	103
	Ukupno: Stan 0	1762		1900	- 138	1900	0	0	

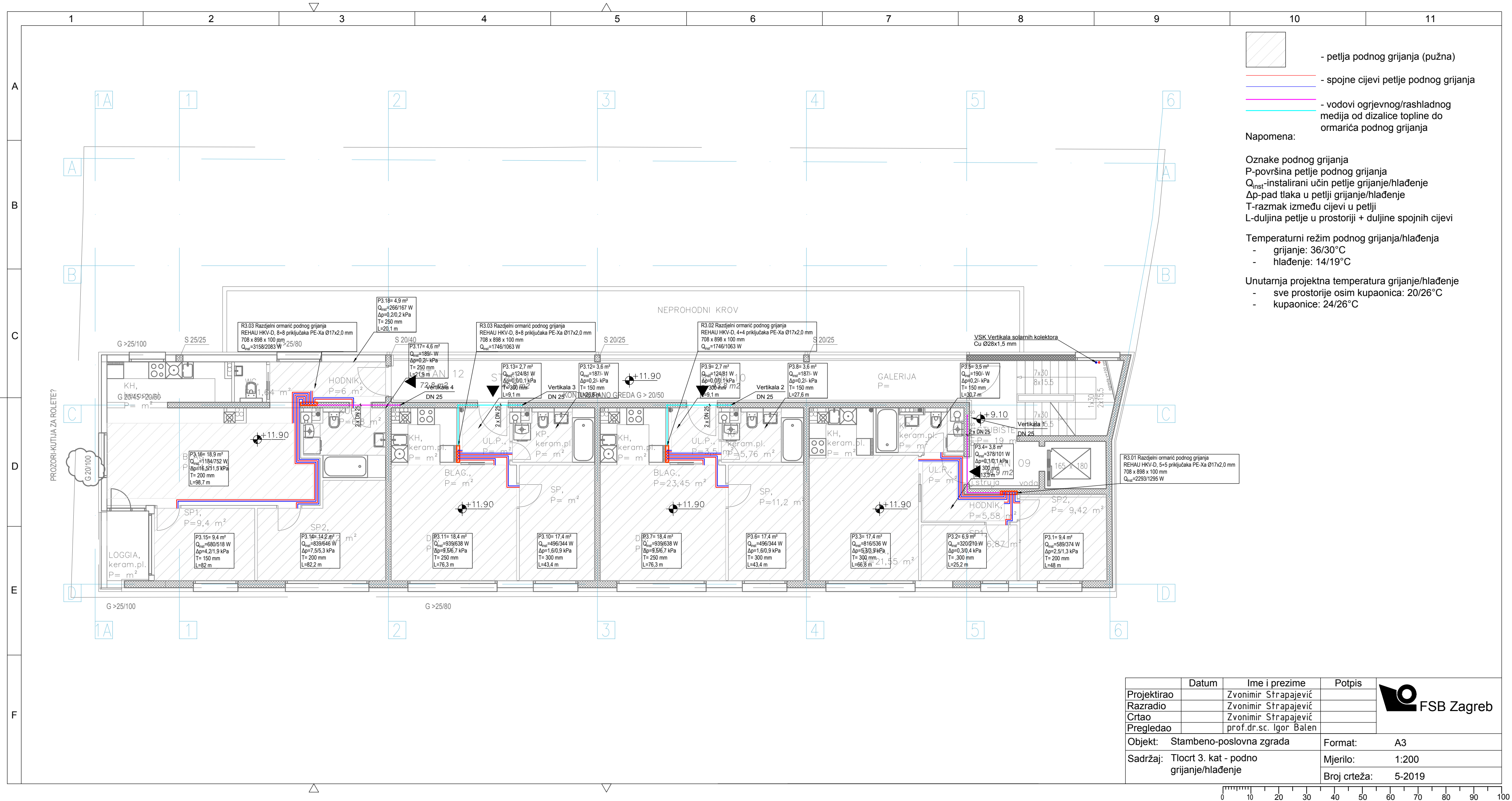
Ukupno: Kat 2		5907		5527	380	5527	0	0	
K5	Kat 3								
S1	STAN 09								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P1	3091-Hodnik	50		143	- 93	143	0	0	286
P2	3092-SP1	181		176	5	176	0	0	97
P3	3093-SP2	298		242	56	242	0	0	81
P4	3094-Blagovaona	790		519	271	519	0	0	65
P5	3095-Kupaona	0		177	- 177	177	0	0	0
	Ukupno: STAN 09	1319		1257	62	1257	0	0	
S2	STAN 10								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P6	3101-Blagovaona	758		526	232	526	0	0	69
P7	3102-SP	292		287	5	287	0	0	98
P8	3103-UL. P.	41		90	- 49	90	0	0	219
P9	3104-Kupaona	0		291	- 291	291	0	0	0
	Ukupno: STAN 10	1091		1194	- 103	1194	0	0	
S3	STAN 11								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P10	3111-Blagovaona	789		526	263	526	0	0	66
P11	3112-SP	293		287	6	287	0	0	97
P12	3113-UL. P.	38		90	- 52	90	0	0	236
P13	3114-Kupaona	0		217	- 217	217	0	0	0
	Ukupno: STAN 11	1120		1120	0	1120	0	0	
S4	STAN 12								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P14	3121-Hodnik	121		154	- 33	154	0	0	127
P15	3122-Kupaona	0		268	- 268	268	0	0	0
P16	3123-SP2	712		364	348	364	0	0	51
P17	3124-SP1	580		318	262	318	0	0	54
P18	3125-Blagovaona	731		657	74	657	0	0	89
P19	3126-WC	0		0	0	0	0	0	0
	Ukupno: STAN 12	2144		1761	383	1761	0	0	
	Ukupno: Kat 3	5674		5332	342	5332	0	0	
K6	Kat 4								
S1	STAN 13								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P1	4131-Hodnik	55		143	- 88	143	0	0	260
P2	4132-SP1	190		176	14	176	0	0	92
P3	4133-SP2	306		242	64	242	0	0	79
P4	4134-Blagovaona	799		445	354	445	0	0	55
P5	4135-Kupaona	0		182	- 182	182	0	0	0

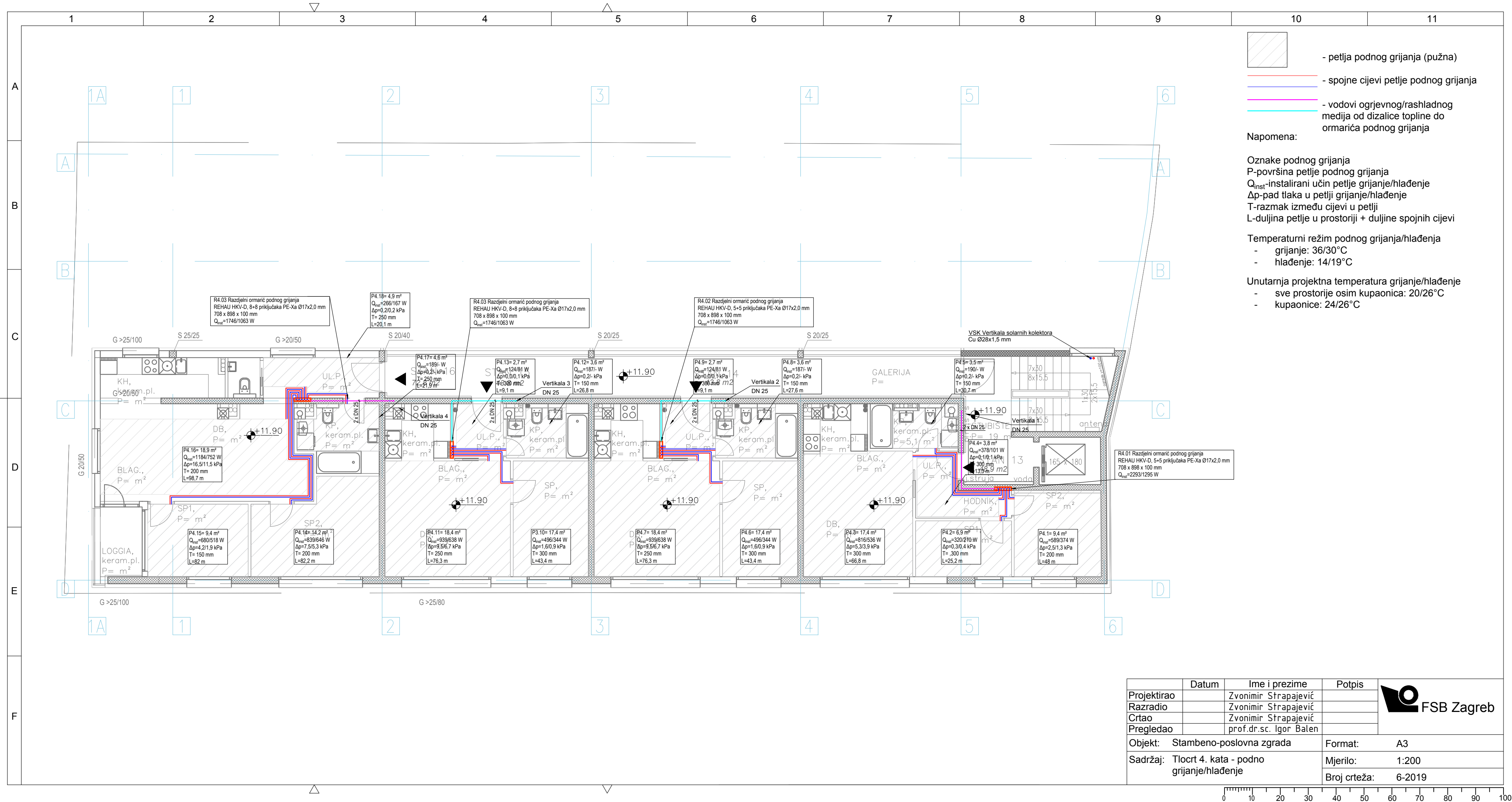
Ukupno: STAN 13		1350		1188	162	1188	0	0	
S2	STAN 14								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P6	4141-Blagovaona	779		484	295	484	0	0	62
P7	4142-SP	303		287	16	287	0	0	94
P8	4143-UL. P.	41		90	- 49	90	0	0	219
P9	4144-Kupaona	0		217	- 217	217	0	0	0
Ukupno: STAN 14		1123		1078	45	1078	0	0	
S3	STAN 15								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P10	4151-Blagovaona	800		484	316	484	0	0	60
P11	4152-SP	303		287	16	287	0	0	94
P12	4153-UL. P.	41		90	- 49	90	0	0	219
P13	4154-Kupaona	0		217	- 217	217	0	0	0
Ukupno: STAN 15		1144		1078	66	1078	0	0	
S4	STAN 16								
P	Prostorija	Qn (W)	Datum	Qinst (W)	Qost (W)	Qi(pod) (W)	Qi(zid) (W)	Qi(vk) (W)	(%)
P14	4161-Hodnik	126		176	- 50	176	0	0	139
P15	4162-Kupaona	0		268	- 268	268	0	0	0
P16	4163-SP2	731		364	367	364	0	0	49
P17	4164-SP1	588		359	229	359	0	0	61
P18	4165-Blagovaona	729		657	72	657	0	0	90
P19	4166-WC	0		0	0	0	0	0	0
Ukupno: STAN 16		2174		1824	350	1824	0	0	
Ukupno: Kat 4		5791		5168	623	5168	0	0	
Ukupno:		30921		31026	235	31026	0	0	

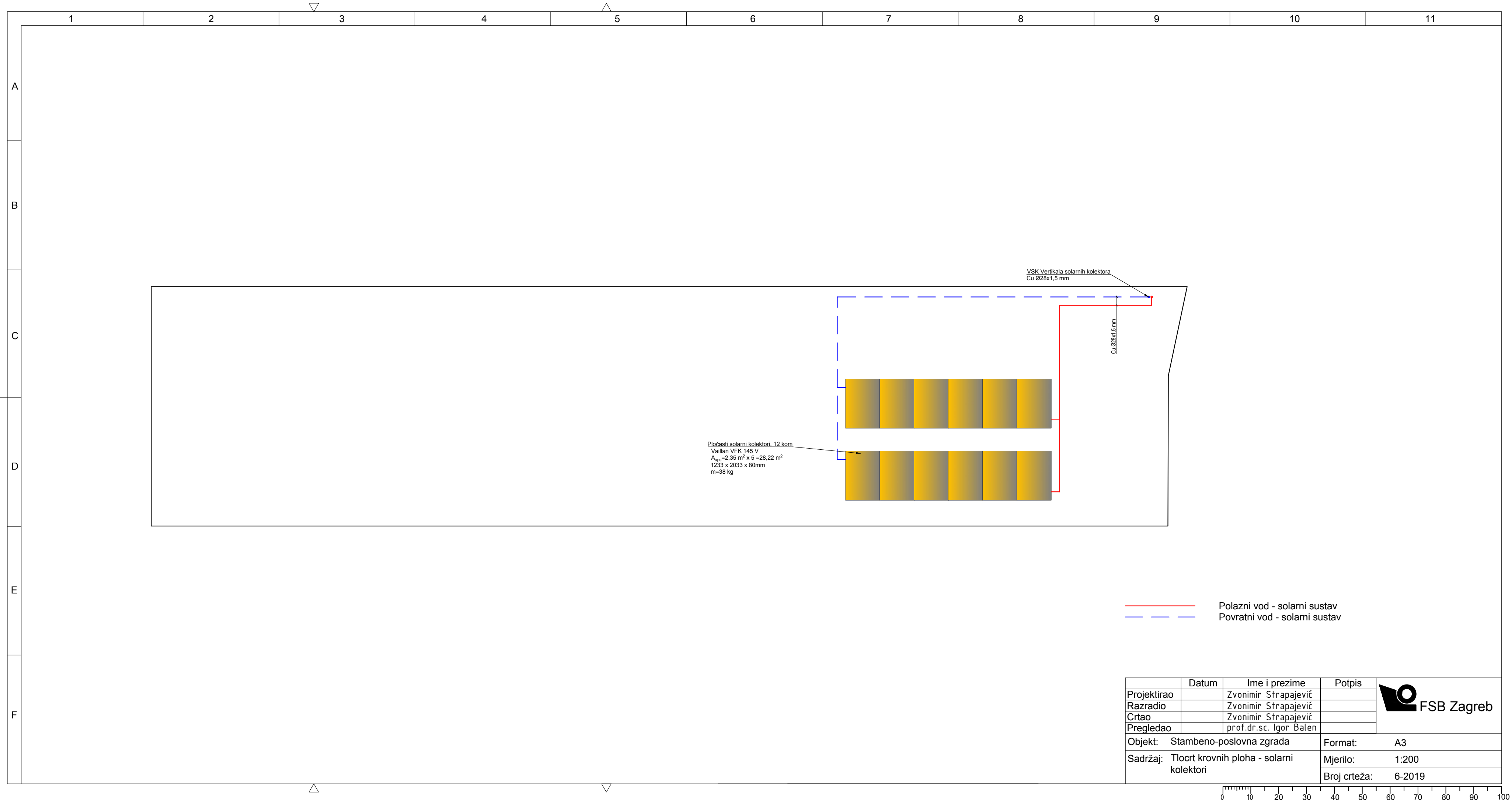


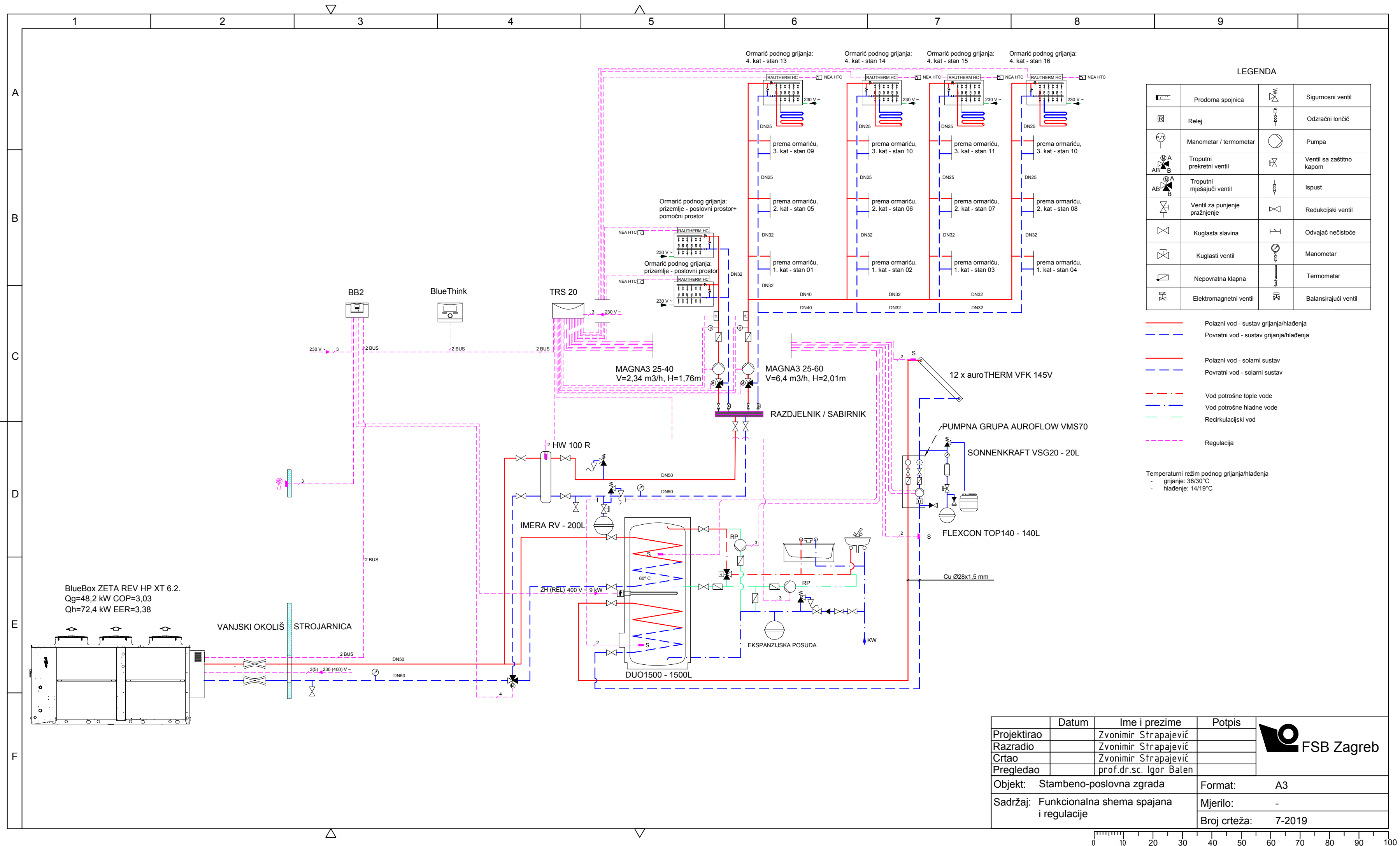


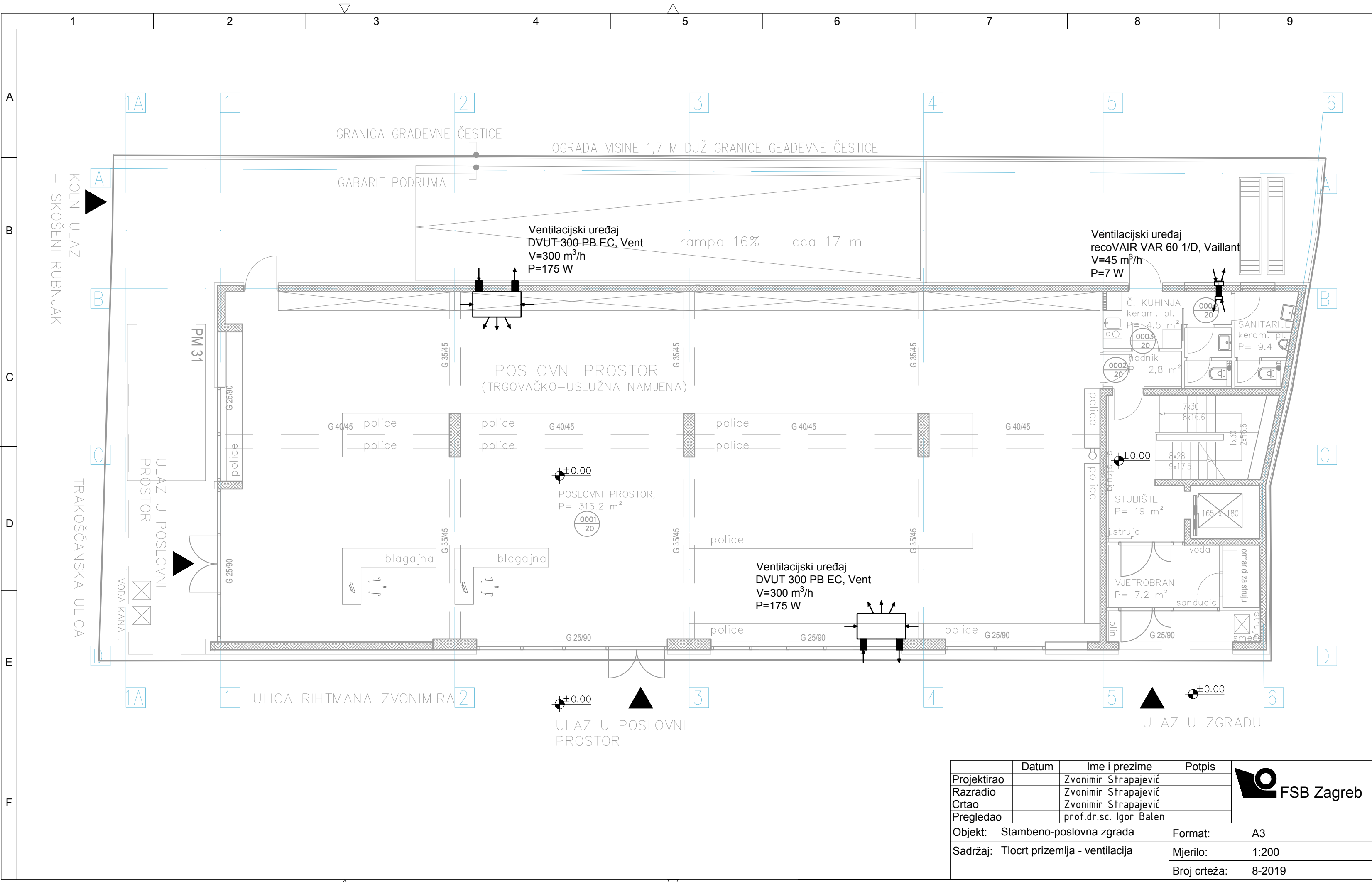




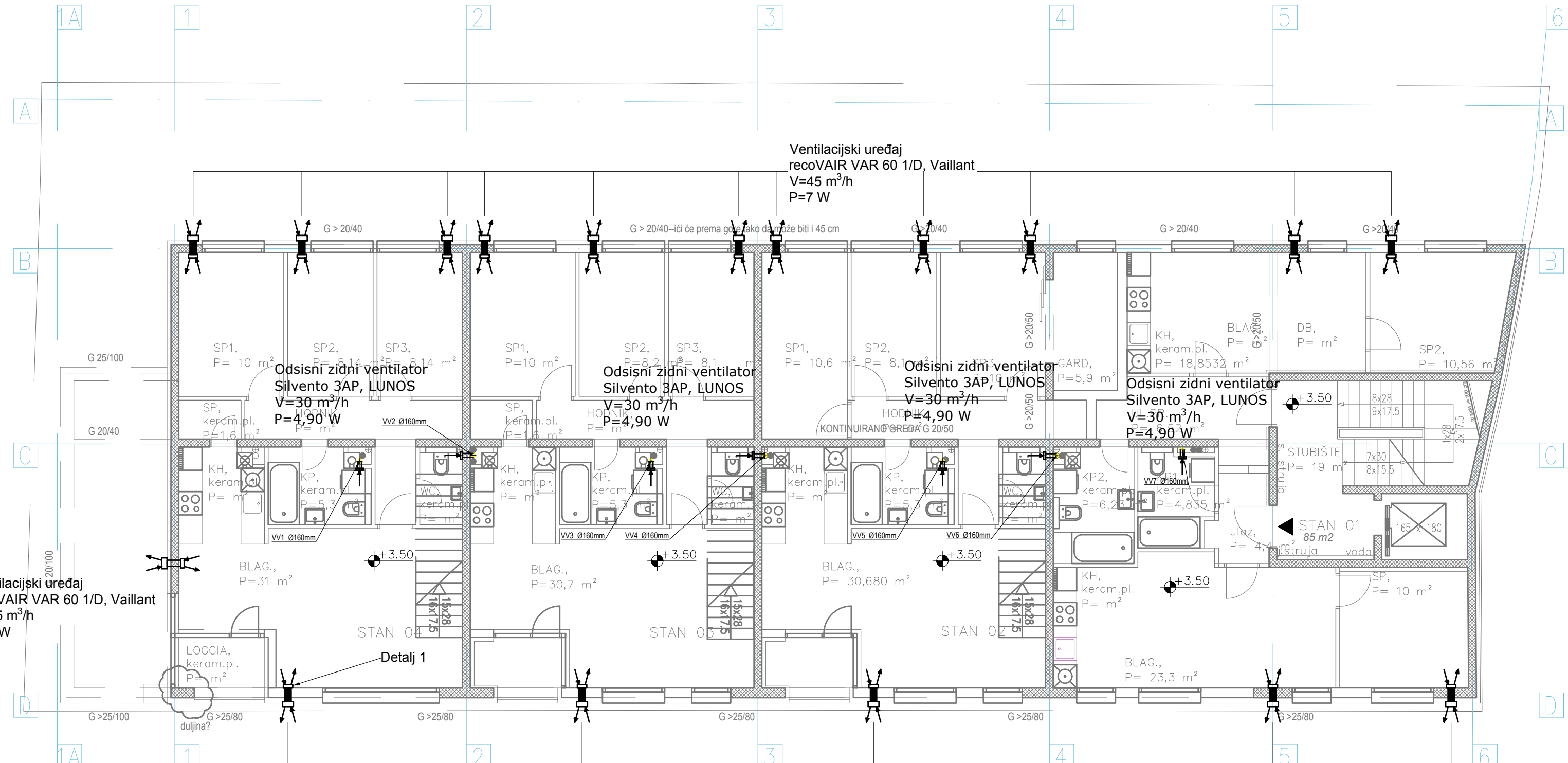




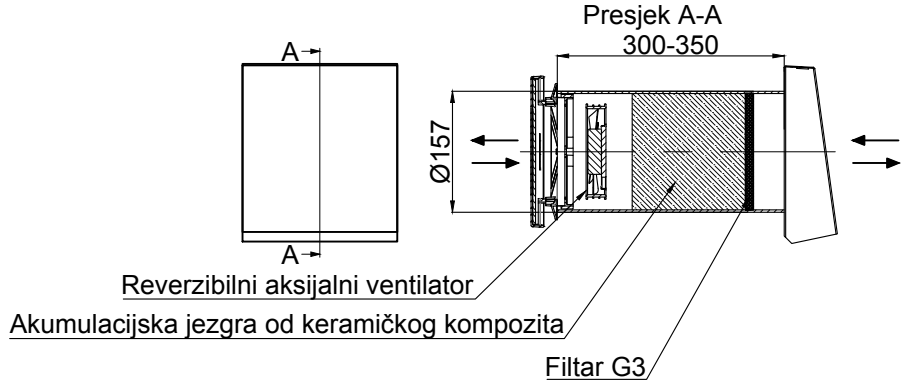




	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Zvonimir Strapajević		
Razradio		Zvonimir Strapajević		
Crtao		Zvonimir Strapajević		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt prizemlja - ventilacija			Mjerilo:	1:200
			Broj crteža:	8-2019

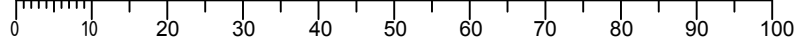


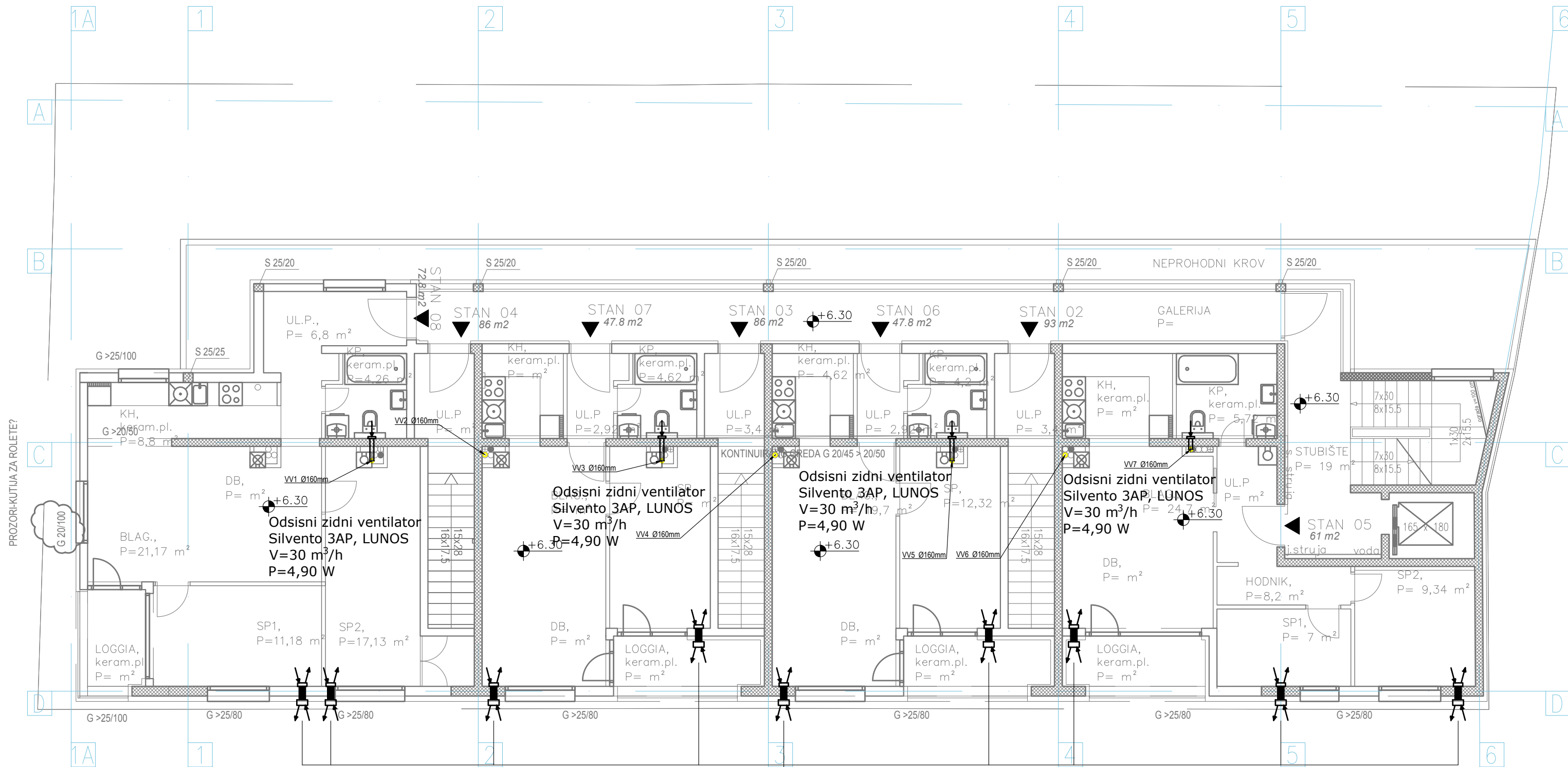
Detalj 1 - shematski prikaz ventilacijskog uređaja recoVAIR VAR 60 1/D, Vaillant
M1:10



Ventilacijski uređaj
recoVAIR VAR 60 1/D, Vaillant
V=45 m³/h
P=7 W


	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Zvonimir Strapajević		
Razradio		Zvonimir Strapajević		
Crtao		Zvonimir Strapajević		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt 1. kat - ventilacija			Mjerilo:	1:200
			Broj crteža:	9-2019

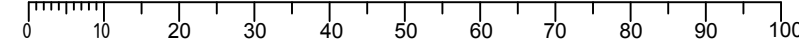


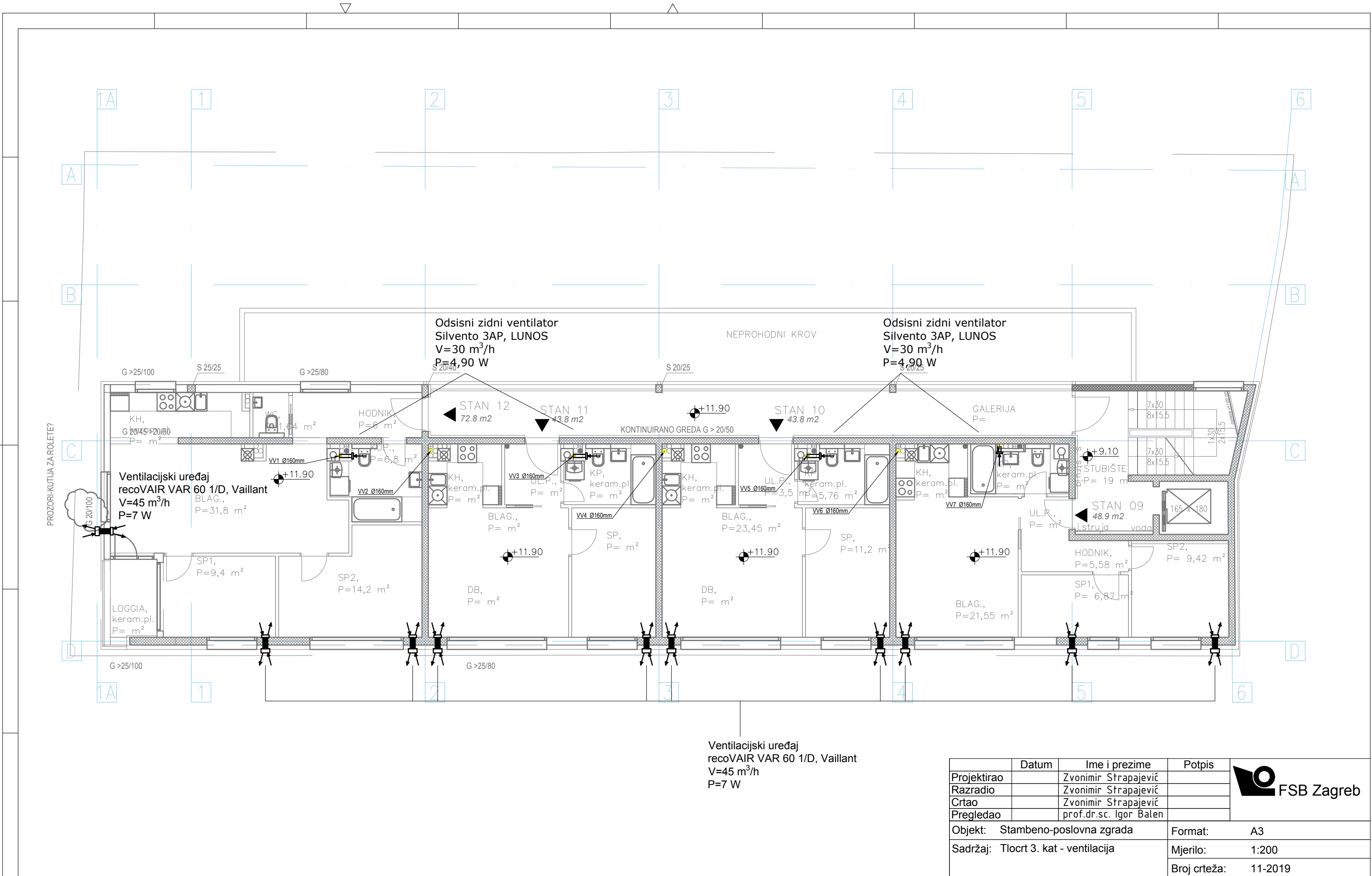



PROZORI-KUTIJA ZA ROLJETE?

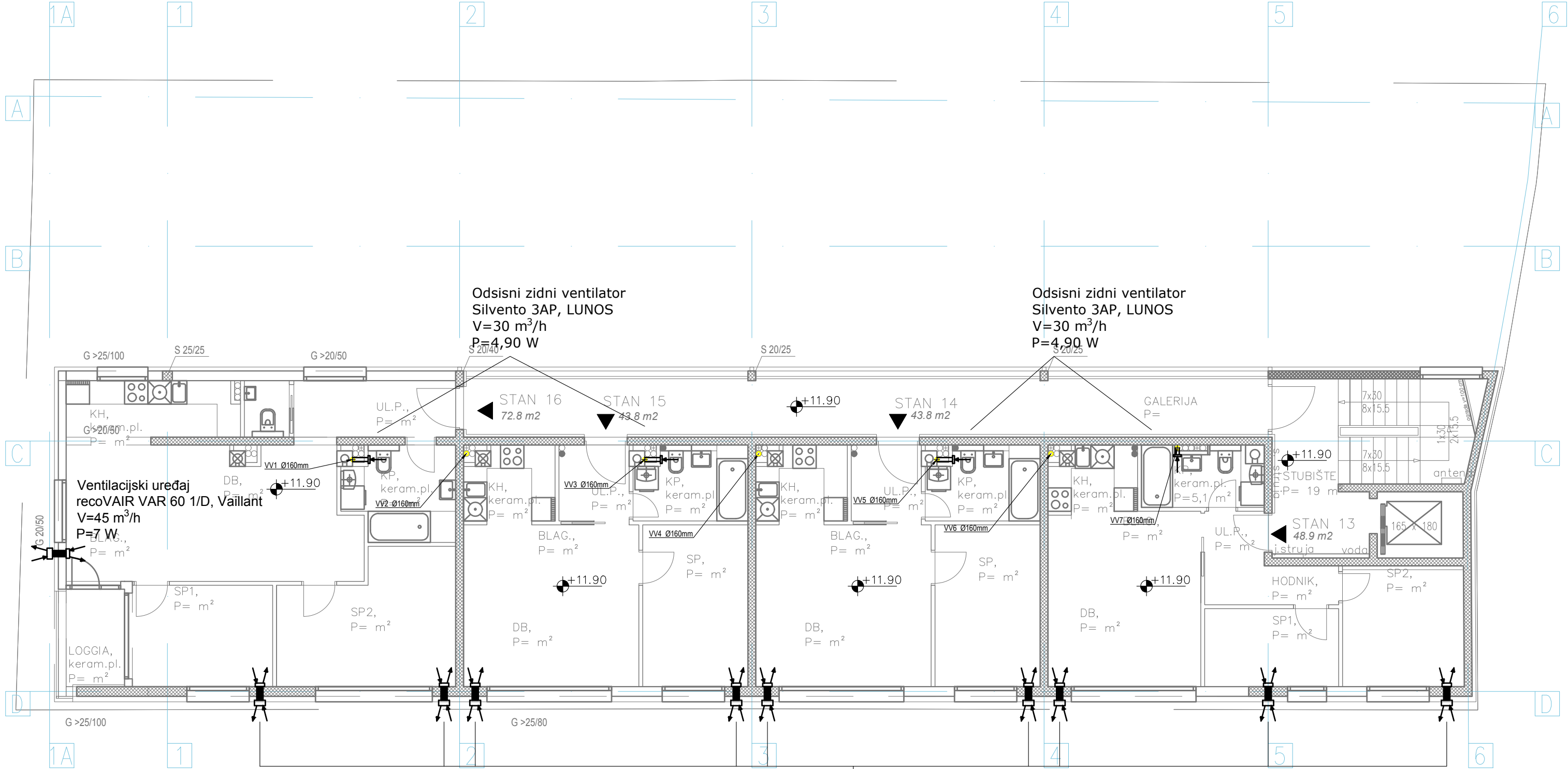
Ventilacijski uređaj
recoVAIR VAR 60 1/D, Vaillant
V=45 m³/h
P=7 W

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Zvonimir Strapajević		
Razradio		Zvonimir Strapajević		
Crtao		Zvonimir Strapajević		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt 2. kat - ventilacija			Mjerilo:	1:200
			Broj crteža:	10-2019






	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Projektirao		Zvonimir Strapajević		
Razradio		Zvonimir Strapajević		
Crtao		Zvonimir Strapajević		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt 3. kat - ventilacija			Mjerilo:	1:200
			Broj crteža:	11-2019



Ventilacijski uređaj
recoVAIR VAR 60 1/D, Vaillant
V=45 m³/h
P=7 W

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Zvonimir Strapajević		
Razradio		Zvonimir Strapajević		
Crtao		Zvonimir Strapajević		
Pregledao		prof.dr.sc. Igor Balen		
Objekt: Stambeno-poslovna zgrada			Format:	A3
Sadržaj: Tlocrt 4. kat - ventilacija			Mjerilo:	1:200
			Broj crteža:	12-2019

